Niveau : 1ères CDE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 2: ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

TITRE DE LA LEÇON : L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 1re C au Lycée Moderne Tingrela lit dans une revue scientifique que l'amplificateur opérationnel (**AO**) est un circuit intégré qui permet de réaliser des opérations mathématiques : addition, soustraction, intégration, dérivation…

Le lendemain il informe ses camarades de classe. Afin de comprendre le fonctionnement de l'AO, les élèves décident, sous la supervision de leur Professeur, de s'informer sur les propriétés de l'AO, d'analyser son comportement et d'établir la relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie de quelques montages.

II. CONTENU DE LA LECON

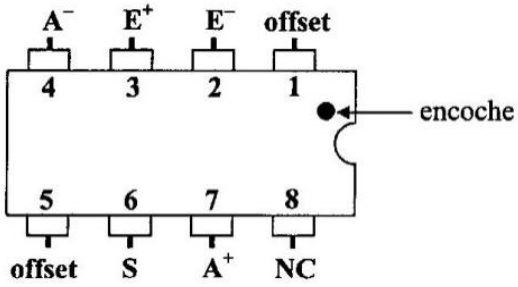
1. Généralités sur l'amplificateur opérationnel

1.1 Description

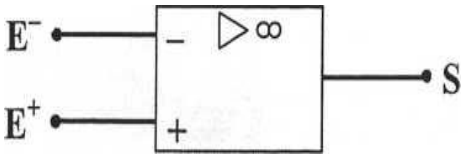
L'amplificateur opérationnel (AO) fait partie des circuits intégrés linéaires. Il se présente sous la forme d'un boitier possédant huit (8) bornes de branchement.

Sur le boitier figure un repère (encoche) qui permet de reconnaître chacune des 8 bornes et de les numéroter de façon standard.

- La **borne 2 est l'entrée inverseuse (E^-)** ;
- **La borne 3 est l'entrée non inverseuse (E^+)** ;
- **les bornes 4 et 7 sont les bornes d'alimentation** (négative A^- et positive A^+) ;
- **la borne 6 est la borne de sortie (S)** ;
- **les bornes 1 et 5 sont les bornes de réglage d'offset** ;
- **la borne 8 n'est pas connectée (NC : Non Connectée)**.



1.2 Symbole de l'AO



2. Caractéristiques d'un amplificateur opérationnel

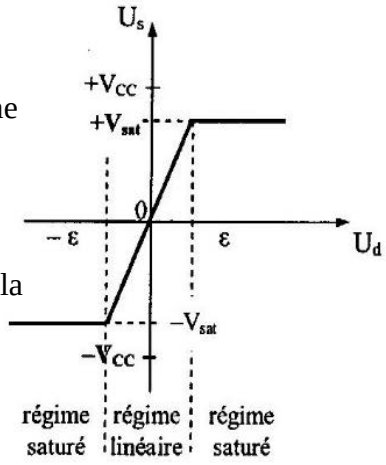
La courbe $U_s = f(U_d)$ représente la caractéristique d'un AO.

U_s estla tension de sortie et U_d la tension différentielle ($U_d = V^+ - V^-$).

On distingue deux cas : l'AO réel et l'AO idéal

2.1. Caractéristique d'un Amplificateur opérationnel réel

La caractéristique de l'AO présente deux régimes : le régime linéaire et le régime saturé.



Caractéristique d'un amplificateur réel

- <u>Régime linéaire</u> :

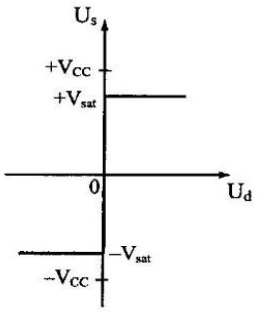
Il correspond à la partie centrale où la tension de sortie Us est proportionnelle à la tension différentielle $U_S = G \times U_d$.
Le coefficient de proportionnalité G est appelé **gain différentiel.**
Il est **très grand.**

- Régime saturé :

En régime saturé, la tension de sortie est égale à + V_{sat} où -V_{sat}
Les tensions $-Vcc$ et $+V_{CC}$ sont les tensions d'alimentation, les tensions $-V_{sat}$ et $+V_{sat}$ sont les tensions de saturation.
On a toujours $|\pm V_{sat}| < |\pm V_{cc}|$.

2.2. Caractéristique d'un AO idéal (parfait)

Elle est représentée ci-contre.
On note que le gain de L'AO idéal est infini.

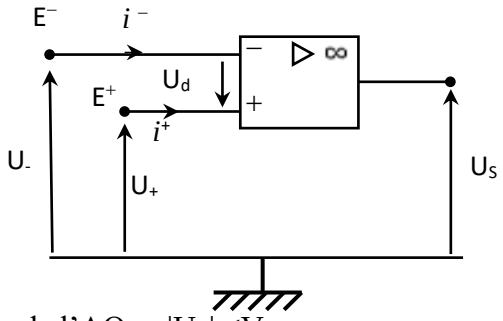


Caractéristique d'un amplificateur idéal

3. <u>Amplificateur opérationnel idéal en régime linéair</u>.

- L'amplificateur opérationnel idéal présente une résistance d'entrée infinie. Par conséquent,

$i^- = i^+ = 0$: les courants d'entrée sont négligeables.
l'entrée inverseuse E^- et l'entrée non inverseuse E^+ sont au même potentiel : $U_d = U_+ - U_- = 0$:

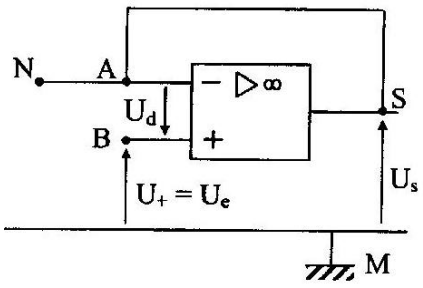


La tension de sortie est toujours inférieure à la tension de saturation de l'AO : $|U_S| < V_{sat}$

4. Quelques montages avec un amplificateur opérationnel

4.1. Montage suiveur

Dans ce montage, la tension d'entrée U_e est appliquée directement à l'entrée non inverseuse.

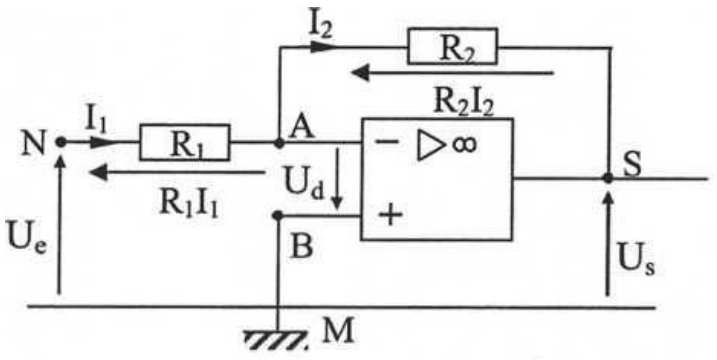


Relation entre U_e et U_s

$$U_e = U_s$$

La tension de sortie **suit** la tension d'entrée (exemple du **voltmètre électronique).**

4.2. Montage amplificateur inverseur



Relation entre U_e et U_s

$U_e - R_1I_1 + U_d = 0$
$U_s + R_2I_2 + U_d = 0$
$U_d = 0$ et $I_1 = I_2$
On obtient :

$$U_s = -\frac{R_2}{R_1}U_e$$

Le rapport $G = \left|\frac{U_s}{U_e}\right| = \frac{R_2}{R_1}$ est appelé **gain en tension** de l'amplificateur.

<u>Activité d'application</u>

On considère pour le montage ci-dessus, une tension $U_e = 2V$ et $R_2 = 2R_1$.

1- Ecris $U_s(t)$ en fonction de $U_e(t)$.
2- Détermine U_s.

Solution

1. U_s en fonction de U_e

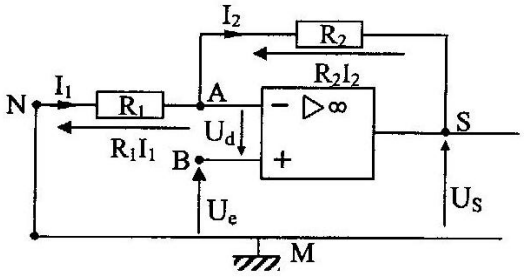
$$U_s = -\frac{R_2}{R_1}U_e$$

2 valeur de Us

$$U_s = -\frac{R_2}{R_1}U_e = -\frac{2R_1}{R_1}U_e = -2Ue = -2 \times 2$$

$$U_s = -4V$$

4.3. Montage amplificateur non inverseur



Relation entre U_e et U_s $\boxed{U_s = \frac{R_1 + R_2}{R_1}U_e}$

Le **gain en tension** de l'amplificateur est**: G** $= \frac{U_s}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

<u>Activité d'application</u>

On considère pour le montage ci-dessus, $R_2 = 2R_1$.

1. Donne l'expression du gain en tension de l'amplificateur.
2. Calcule la valeur du gain.

Solution

1. Expression du gain en tension de l'amplificateur

G $= 1 + \frac{R_2}{R_1}$

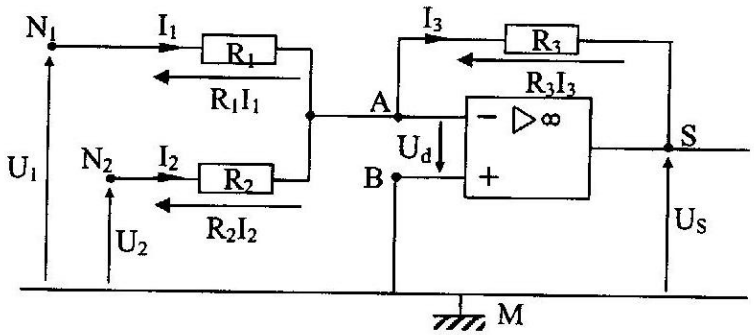
2 .Valeur de Gain

G $= 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{2R_1}{R_1} = 3$

4.4. Montage sommateur inverseur

Relation entre U_s et les tensions d'entréeU_1 et U_2

$$U_s = -R_3\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$$



Activité d'application

À partir du schéma du montage sommateur inverseur, retrouve la relation établie ci-dessus.

Solution

$U_{AM} = U_{AB} + U_{BM}$ avec $U_{AB} = U_d = 0$ V de plus $V_A = V_B$ D'où $U_{AB} = 0$ V,
Par consequent, $U_{AM} = 0$ V
$U_{AM} = U_{AN} + U_{NM} = 0$ avec $U_{AN} = -R_1 i_1$ et $U_{NM} = U_1$
Soit $-R_1 i_1 + U_1 = 0 \Rightarrow i_1 = \frac{U_1}{R_1}$
$U_{AM} = U_{AN2} + U_{N2M} = 0$ avec $U_{AD} = -U_2 = -R_2 i_2$ et $U_{AN2} = U_2$
Soit $-R_2 i_2 + U_2 = 0 \Rightarrow i_2 = \frac{U_2}{R_2}$
Dans la maille MBASM, on a :
$U_s + U_3 + U_d = 0$ avec $U_d = 0$
$U_s = -U_3 = -R_3 i_3 \Rightarrow i_3 = -\frac{U_3}{R_3}$
Loi des nœuds en A, on a : $i_3 = i_1 + i_2$
$U_s = -R_3\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$
donc montage sommateur

5. Amplificateur opérationnel en régime saturé

5.1 Propriétés

En régime saturé, quelle que soit la tension d'entrée :

- la tension de sortie ne peut posséder que deux états électriques

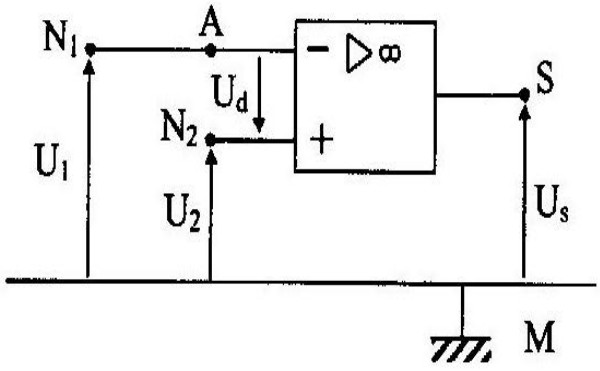
$U_s = +V_{sat}$ ou $U_s = -V_{sat}$

- La tension différentielle est non nulle : $U_d \neq 0 \Longrightarrow U_+ \neq U_-$.

5.2. Montage comparateur

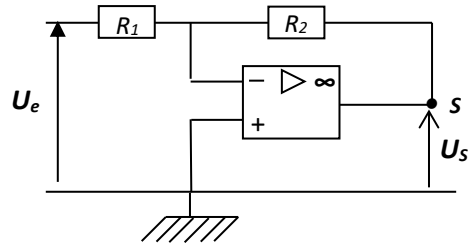
U_1 est la tension de référence et U_2, la tension à comparer à U_1.

- Maille MN_1AN_2M :
  $U_2 - U_1 - U_d = 0 \Rightarrow U_d = U_2 - U_1$
- Si $U_1 > U_2 \Rightarrow U_d < 0$ alors $U_s = -V_{sat}$;
- Si $U_1 < U_2 \Rightarrow U_d > 0$ alors $U_s = +V_{sat}$.

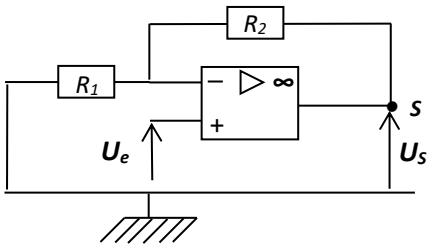


SITUATION D'EVALUATION

Afin de vérifier vos acquis après le cours sur l'amplificateur opérationnel, votre professeur met à votre disposition le matériel nécessaire pour réaliser un montage amplificateur non-inverseur. Afin de vous aider à réussir cette tâche, il vous propose les deux schémas de montages suivants.



Montage N°1



Montage N°2

Un élève de ton groupe affirme que le montage à réaliser est le montage N°1 tandis qu'un autre affirme que c'est le montage N°2.

Tu es chargé de les départager.

1. Nomme le composant fondamental des circuits ci-dessus.
2. Rappelle ses propriétés en régime linéaire.
3. Etablis l'expression pour les montages 1 et 2 :
   3.1- de la tension de sortie Us en fonction de U_e , R_1 et R_2.
   3.2- du gain G en tension.
4. Justifie ton choix du montage à réaliser.

Corrigé

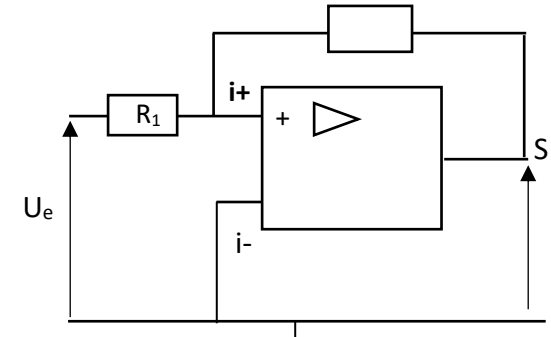
1. Le composant fondamental est l'AO.

2. Les propriétés d'un amplificateur opérationnel idéal fonctionnant en régime linéaire sont :

Les courants d'entrée sont négligeables : $i^- = i^+ = 0$

L'entrée inverseuse E^- et l'entrée non inverseuse E^+sont au même potentiel :$U_d = U_+ - U_- = 0$

La tension de sortie est toujours inférieure à la tension de saturation de l'AO :$|U_S| < V_{sat}$.



3. Expression de U_s en fonction de U_e pour :

3.1. Montage 1

- maille MABM : $U_e - R_1 i + U_d = 0$
- maille MBSM : $U_s + R_2 i + U_d = 0$

AO idéal en fonctionnement linéaire i+ = i- = 0 et $U_d = 0$

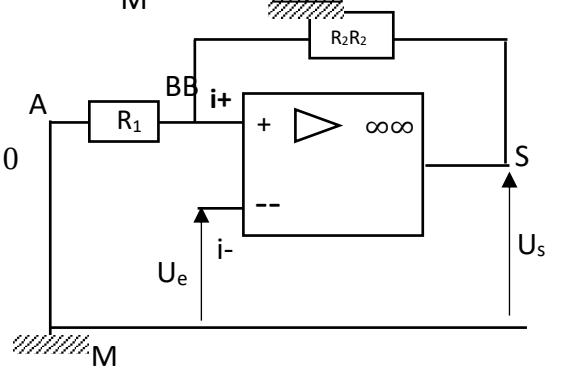
$U_s = -R_2 i$ et $U_e = R_1 i \quad \Rightarrow U_s = -\frac{R_2}{R_1} U_e$

Montage 2

- maille MABM : $U_e - U_d + R_1 i + = 0$
- maille MABSM : $U_s + R_2 i + R_1 i = 0$

AO idéal en fonctionnement linéaire i+ = i- = 0 et $U_d = 0$

$U_s = -(R_1 + R_2)\, i$ et $U_e = -R_1 i \quad \Rightarrow U_s = \frac{R_1+R_2}{R_1} U_e$



3.2 Gain en tension G =$\left|\frac{U_S}{U_e}\right|$

Montage 1: ,G = $\frac{R_2}{R_1}$

Montage 2 : G = $\frac{R_1+R_2}{R_1}$

4. Le montage à réaliser est le montage 2 car Us > 0

III. EXERCICES

Exercice 1

Pour chacune des propositions suivantes :

1. Dans un amplificateur opérationnel les intensités des courants d'entrée sont élevées.
2. Une radio utilise des amplificateurs opérationnels.
3. Dans un amplificateur opérationnel en fonctionnement linéaire la tension différentielle est différente de zéro.
4. Le gain en tension d'un montage en régime linéaire est $G = \frac{U_S}{U_e}$
5. Dans un amplificateur opérationnel en régime de saturation $U_S = \pm V_{sat}$.
6. En régime linéaire les courants aux entrées de l'A.O sont négligeables : $i^+ = i^- = 0$
7. Dans un amplificateur opérationnel en régime de linéaire $U_S > V_{sat}$
8. La résistance entre les bornes d'entrée E^+et E^+est infinie.

Recopie le numéro de la proposition et écris à la suite vrai si la proposition est vrai et faux si elle est fausse.

Solution

1-F ; 2-V ; 3-F ; 4-V ; 5-V ; 6-V ; 7-F

Exercice 2

Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupe de mots suivants qui conviennent.

Deux bornes ; régime linéaire ; boitier ; différentielle ; circuits intégrés ; huit bornes ; régime saturé ; deux régimes.

L'amplificateur opérationnel (AOP ou AO) est un élément essentiel très utilisé en électronique de pointe. Il fait partie de la famille des …… . Il se présente sous la forme d'un …….. possédant …….. de branchement. Les courants entrants dans l'AO par ses …….. d'entrées sont extrêmement faibles en intensité. L'AO peut fonctionner sous …….. différents. Si la tension …… est nulle, il fonctionne en ……. tandis que si la d.d.p entre les deux entrées n'est pas nulle, il fonctionne en …….

Solution

L'amplificateur opérationnel (AOP ou AO) est un élément essentiel très utilisé en électronique de pointe. Il fait partie de la famille des **circuits intégrés** Il se présente sous la forme d'un **boitier** possédant **huit bornes** de branchement. Les courants entrants dans l'AO par ses **deux bornes** d'entrées sont extrêmement faibles en intensité. L'AO peut fonctionner sous **deux régimes** différents. Si la tension **différentielle** est nulle, il fonctionne en **régime linéaire,** tandis que si la d.d.p entre les deux entrées n'est pas nulle, il fonctionne en **régime saturé**.

Exercice 3

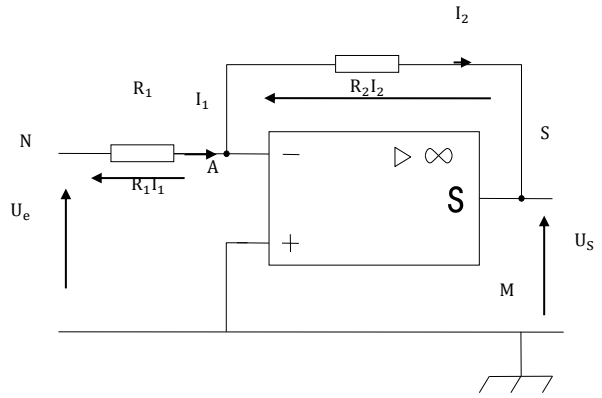
Ordonne les mots et expressions ci-dessous de sorte à constituer une phrase qui a un sens.
peut fonctionner /et comme un comparateur de tension /un amplificateur opérationnel / comme un amplificateur de tension/ en régime saturé /en régime linéaire.

Corrigé

Un amplificateur opérationnel peut fonctionner comme un amplificateur de tension en régime linéaire et comme un comparateur de tension en régime saturé.

Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe réalise le montage ci-dessous :



Vous relevez les valeurs des tensions U_s à la sortie de l'amplificateur opérationnel, en fonction des valeurs de la tension d'entrées U_e, que vous consignez dans le tableau ci-dessous :

U_e (V)	1	1.5	2	2,5	3	3,5	4
U_s (V)	-2	-2,97	-3,93	-4,93	-5,89	-6,86	-7,8

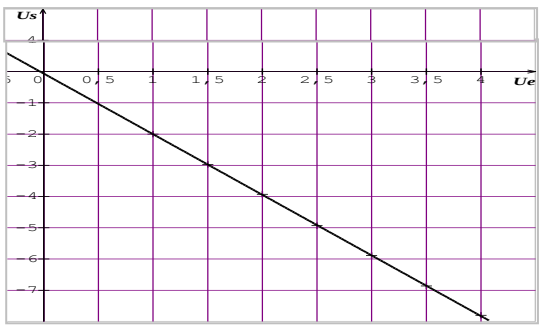
Il est demandé à ton groupe de tracer la caractéristique $U_s = f(U_e)$ afin de déterminer le gain en amplification.
L'A.O est idéal et est utilisé en régime linéaire.
Données : $R_1 = 1\ k\Omega$ et $R_2 = 2\ k\Omega$.
Tu es désigné pour rédiger le compte rendu de ton groupe
Tu utiliseras au besoin l'échelle 1 cm ⟷ 1 V en abscisse et 1 cm ⟷ 1 V en ordonnée.

1. Trace la courbe $U_s = f(U_e)$ et déduis le nom du montage.
2. Compare le rapport $\frac{R_2}{R_1}$ et la pente de la courbe $U_s = f(U_e)$
3. Déduis-en la relation entre U_e et U_s en fonction de R_1 et R_2.
4. . Retrouve la relation établie au 3, en utilisant les lois de l'électricité et le schéma du montage,

Corrigé

1.

1.1

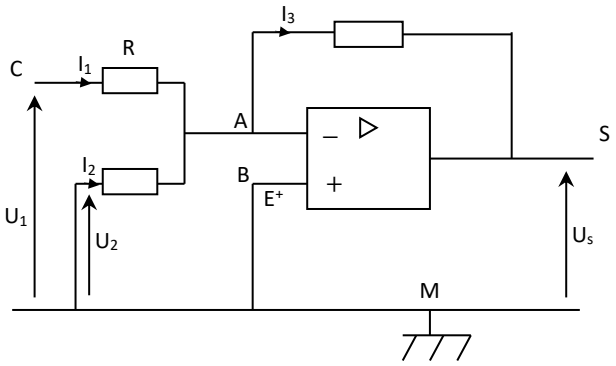


1. Le montage est un montage amplificateur inverseur
2. $\frac{R_2}{R_1} = 2$; $\frac{\Delta U_s}{\Delta U_e} = \frac{-7,8+2}{4-1} = -2$; $\frac{\Delta U_s}{\Delta U_e} = -\frac{R_2}{R_1}$
3. $U_s = -2\,U_e$
4. Condition d'étude : $\begin{cases} i^+ = i^- = 0 \\ U_d = 0 \end{cases}$; Loi des tensions :

Maille SMAS : $U_S + R_2 I_2 = 0 \Rightarrow U_S = -R_2 I_2$.
Maille MNAM : $-U_e + R_1 I_1 = 0 \Rightarrow U_e = R_1 I_1$.
$\frac{U_S}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1}\frac{I_2}{I_1} \Rightarrow U_S = -\frac{R_2}{R_1} U_e$

<u>Exercice</u> 5

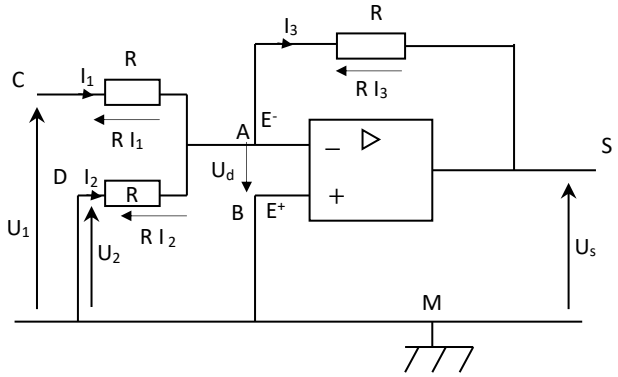
Lors d'une évaluation, votre professeur de physique-chimie vous soumet le montage ci-dessous :



L'amplificateur opérationnel est supposé idéal et est utilisé en régime linéaire.
Il vous est demandé d'exprimer la tension à la sortie de l'amplificateur opérationnel en fonction des tensions d'entrée.
Données: $U_1 = 4$ V ; $U_2 = 6$ V ; $R = 250\ \Omega$.

1. Donne les propriétés d'un amplificateur opérationnel en régime linéaire.
2. Exprime la tension de sortie Us en fonction de U_1 ; U_2 et R.
3. Identifie la nature du montage.
4. Calcule la valeur numérique de la tension de sortie Us.

Corrigé



1. Conditions d'étude : $i^+ = i^- = 0$ et $U_d = 0$
2. $U_{AM} = U_{AB} + U_{BM}$ avec $U_{AB} = U_d = 0$ de plus $V_A = V_B$ D'où $U_{AB} = 0$,

Par conséquent $U_{AM} = 0$
$U_{AM} = U_{AC} + U_{CM} = 0$ avec $U_{AC} = -U_1 = -R_1 i_1$ et $U_{CM} = U_1$
Soit $-R_1 i_1 + U_1 = 0 \Rightarrow i_1 = \frac{U_1}{R_1}$

$U_{AM} = U_{AD} + U_{DM} = 0$ avec $U_{AD} = - U_2 = -R_2 i_2$ et $U_{AD} = U_2$

Soit $- R_2 i_2 + U_2 = 0 \quad \Rightarrow i_2 = \frac{U_2}{R_2}$

Dans la maille MBASM, on a :

$Us + U_3 + U_d = 0$ avec $U_d = 0$

$Us = - U_3 = - R_3 i_3 \quad \Rightarrow i_3 = -\frac{U_3}{R_3}$

Loi des nœuds en A, on a : $i_3 = i_1 + i_2$

$u_s = -R_3 \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$

dans notre cas avec $R_1 = R_2 = R$ on obtient

$U_s = - (U_1 + U_2)$

3. La tension de sortie est l'opposée de la tension d'entrée : c'est un montage sommateur inverseur.

4. $U_S = -10$ V

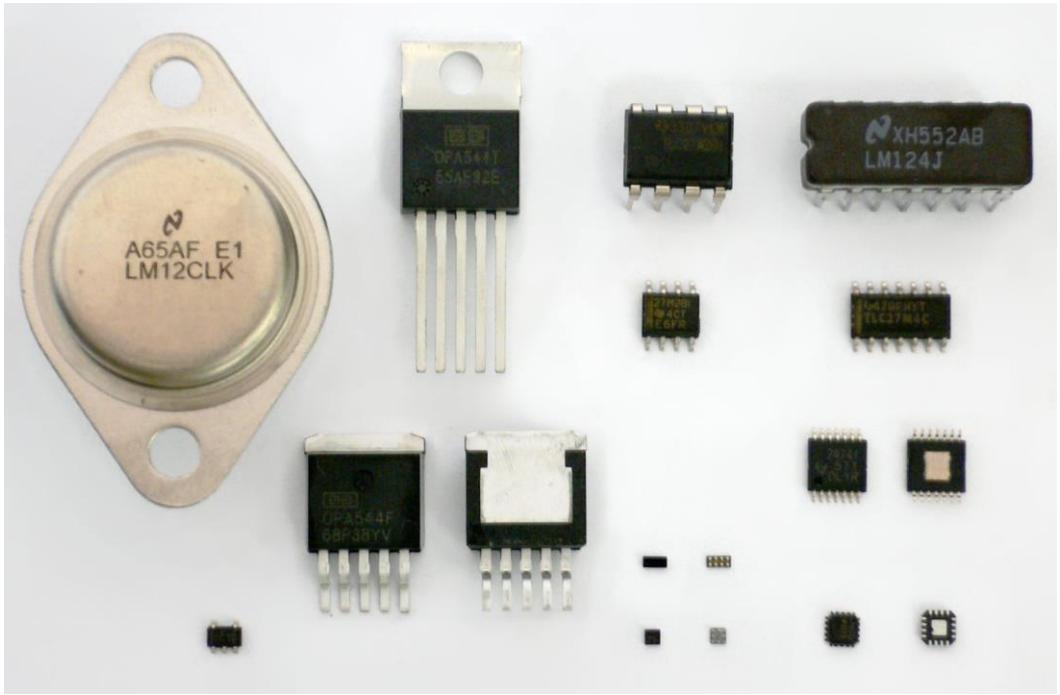
IV. DOCUMENTATION

L'amplificateur opérationnel (AO) est un comp osant de base extrêmement imp ortant. Il est utilisé dans de très nombreux circuits d'électronique analogique où il p ermet de réaliser de façon simple des fonctions linéaires et non-linéaires variées et
performantes.

L'amplificateur opérationnel est réalisé à l'aide de quelques dizaines de transistors et deséléments passifs reliés ensemble dans une configuration assez complexe.

De manière classique, le circuit d'entrée est constitué par une paire diférentielle de transistors. Un deuxième étage d'amplification diférentielle
permet d'obtenir un gain total d'environ 7'000.

La recherche de l'amélioration des performances et une plus grande maîtrise de la technologie du silicium et de l'intégration ont conduit à des circuits bien plus complexes.



Niveau : 1ères CDE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 3 : OPTIQUE

TITRE DE LA LECON : REFLEXION ET REFRACTION DE LA LUMIERE BLANCHE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le Professeur de Physique-Chimie de la 1ère D_2 du Lycée Municipal 1 d'Attécoubé fait observer à ses élèves, l'image des jeux de lumière lors de l'ouverture des Jeux Olympiques de Londres.
Emerveillés par les figures formées par la lumière et voulant en savoir davantage, les élèves sous la supervision de leur Professeur, entreprennent de connaître les lois de la réflexion, de la réfraction et quelques-unes de leurs applications.

II. CONTENU DE LA LECON

1. RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE

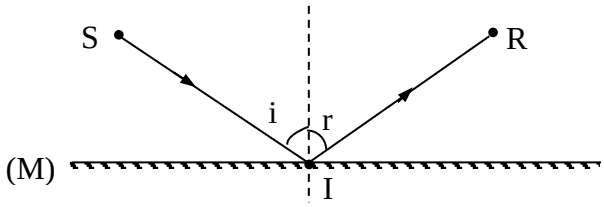
1.1 Définition

La réflexion de la lumière est un changement de la direction et du sens de propagation de la lumière lorsqu'elle rencontre une surface réfléchissante, en restant dans le milieu de propagation initial.
Exemple de surface réfléchissante : surface d'un miroir.

1.2 Lois de la réflexion

1.2.1- Étude expérimentale

Un rayon lumineux incident (SI) est envoyé sur un miroir plan (M).
A l'aide de la marche de ce rayon lumineux (voir figure ci-dessous), l'on mesure les angles de réflexion r pour différentes valeurs d'angle d'incidence i choisies.



1.2.2- Résultats

Les résultats des mesures figurent dans le tableau ci-dessous :

mes i	0°	10°	20°	30°	40°	50°
mes r	0°	10°	20°	30°	40°	50°

On constate que :
mes i = mes r
Le rayon incident SI et le rayon réfléchi IR sont contenus dans le même plan : plan d'incidence.

1.2.3- Conclusion

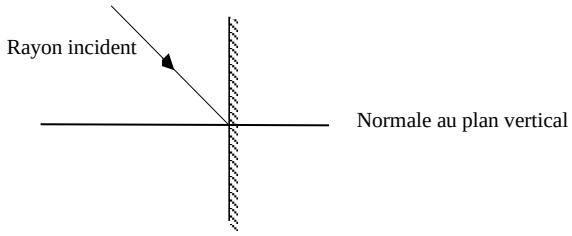
Cette expérience nous permet d'énoncer les lois de la réflexion suivante:

- Première loi de Descartes (loi du plan) : le rayon incident et le rayon réfléchi appartiennent à un même plan appelé *plan d'incidence*.
- Deuxième loi de Descartes (loi des angles) : l'angle d'incidence et l'angle de réflexion ont la même mesure.

Activité d'application 1

Un rayon lumineux arrive sur un miroir disposé dans le plan vertical avec un angle $\theta = 45°$.

1. Donne la valeur de l'angle α du rayon lumineux réfléchi.
2. Trace le rayon lumineux réfléchi en indiquant les angles θ et α sur le schéma ci-dessous.

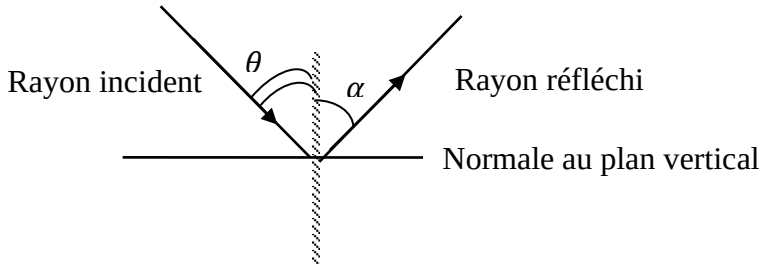


Corrigé de l'activité d'application 1

Un rayon lumineux arrive sur un miroir disposé dans le plan vertical avec un angle $\theta = 45°$.

Donne la valeur de l'angle α du rayon lumineux réfléchi.

1. La valeur de l'angle α du rayon lumineux réfléchi est $\alpha = \theta = 45°$.
2. Trace le rayon lumineux réfléchi en indiquant les angles θ et α sur le schéma ci-dessous.



RÉFRACTION DE LA LUMIERE

2.1- Définition

La réfraction de la lumière est un changement de la direction de propagation de la lumière lorsqu'elle traverse la surface de séparation de deux milieux homogènes et transparents distincts.

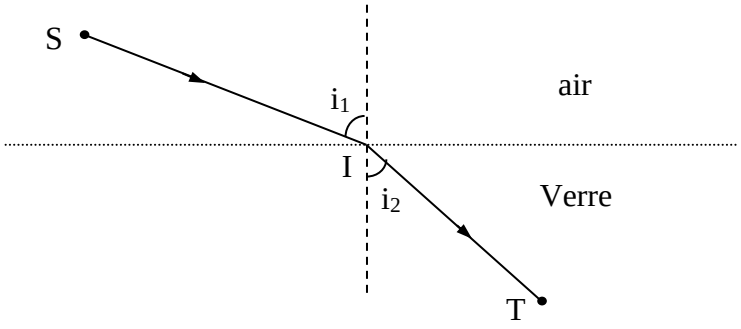
Exemple : la surface libre d'un liquide (air-liquide), la surface libre d'un verre (air-verre) …

2.2- Lois de la réfraction

2.2.1- Étude expérimentale

Un rayon lumineux incident (SI) provenant d'une source ponctuelle (S) est envoyé sur du verre. Ce rayon traverse l'air d'indice de réfraction $n_1 = 1$ avant de pénétrer le verre d'indice de réfraction $n_2 = 1{,}5$.

A l'aide de la marche de ce rayon lumineux (voir figure ci-dessous), l'on mesure les angles de réfraction i_2 pour différentes valeurs d'angle d'incidence i_1 choisies.



Remarque : le rayon (IT) est appelé rayon réfracté.

2.2.2- <u>Résultats</u>

Les résultats des mesures figurent dans le tableau ci-dessous.

mes i_1	0°	30°	40°	50°
sin i_1	**0**	**0,5**	**0,64**	**0,77**
mes i_2	0°	19,5°	25,5°	31°
sin i_2	**0**	**0,33**	**0,43**	**0,52**
sin i_1/sin i_2		1,51	1,5	1,48

2 2 3 Exploitation des résultats.

On constate que :

Le rayon incident (SI) et le rayon réfracté (IR) sont contenus dans le même plan.

Le rapport : $\frac{n_2}{n_1} = \frac{sini_1}{sini_2}$

2.2.4- <u>Conclusion</u>

Cette expérience nous permet d'énoncer les lois de la réfraction suivantes appelées lois de Descartes-Snell pour la réfraction:

Première loi de Descartes–Snell : le rayon réfracté et le rayon incident appartiennent à un même plan appelé *plan d'incidence.*

Deuxième loi de Descartes-Snell : l'angle de réfraction i_2 et l'angle d'incidence $i_1$sont liés par la relation $n_2.sini_2 = n_1.sini_1$.

2.3- <u>Angle limite de réfraction</u>

Lorsque le rayon incident passe d'un milieu 1 d'indice n_1 à un milieu 2 d'indice n_2 tel que $n_1 < n_2$, on dit que *le milieu 2 est plus réfringent que le milieu 1*. Dans ces conditions,

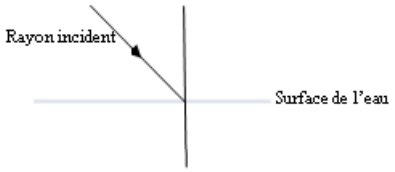
mes i_1 > mes i_2. Pour mes **i_1 = 90°** ; **sin i_1 = 1** ; l'angle de réfraction i_2 atteint donc sa valeur maximale appelée *angle limite de réfraction* noté **L** tel que

$$\boldsymbol{sinL = \frac{n_1}{n_2}}$$

Activité d'application 2

Un rayon lumineux arrive à la surface d'une eau d'indice de réfraction $n_2 = 1{,}33$, avec un angle d'incidence $\theta_1 = 45°$. On donne $n_1 = 1$, l'indice de réfraction de l'air.

1. Détermine la valeur de l'angle θ_2 du rayon réfracté.
2. Trace le rayon lumineux réfracté sur le schéma ci-dessous en indiquant les angles θ_1 et θ_2.
3. Détermine l'angle limite θ_ℓ de réfraction.



Correction d'application 2

Un rayon lumineux arrive à la surface d'une eau d'indice de réfraction $n_2 = 1{,}33$, avec un angle d'incidence $\theta_1 = 45°$.On donne $n_1 = 1$, l'indice de réfraction de l'air.

1. Précise le milieu le plus réfringent

Comme $n_2 > n_1$ alors l'eau réfringente que l'air.

2. Détermine la valeur de l'angle θ_2 du rayon réfracté.

D'après la loi de réfraction, on a : $n_2 sin\theta_2 = n_1 sini_1 \Rightarrow sin\theta_2 = \frac{n_1 sini_1}{n_2}$

$n_1 sini_1 = n_2 sin\theta_2 \Rightarrow sin\theta_2 = \frac{n_1 sini_1}{n_2}$

$\theta_2 = \mathbf{sin^{-1}}(\frac{n_1 sini_1}{n_2})$

$\theta_2 = \mathbf{sin^{-1}}(\frac{\mathbf{1 \times sin60°}}{\mathbf{1,33}})$

$\theta_2 = \mathbf{sin^{-1}}(\frac{\mathbf{1 \times sin60°}}{\mathbf{1,33}})$

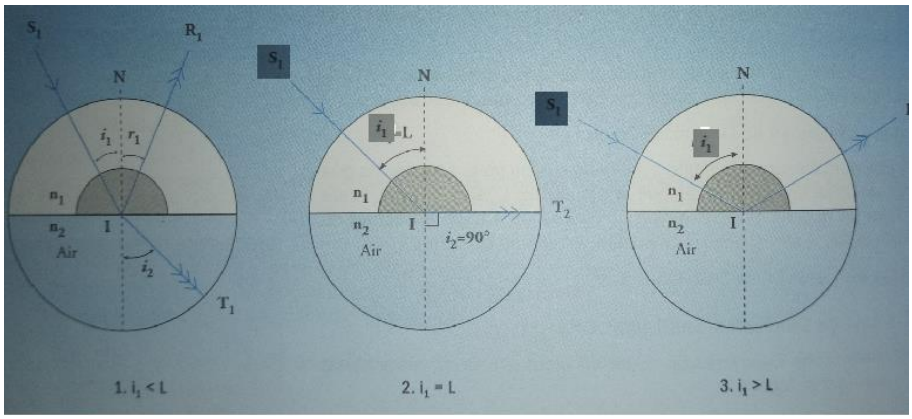
$\theta_2 = \mathbf{40°}$

REFLEXION TOTALE

Lorsque le rayon incident passe d'un milieu 1 d'indice n_1 à un milieu 2 d'indice n_2 tel que $n_1 > n_2$, on dit que *le milieu 1 est plus réfringent que le milieu 2*. Dans ces conditions,

mes i_1 < mes i_2. Pour mes **i_2 = 90°, sin i_2 = 1** ; ce qui signifie que l'angle d'incidence i_1 est à sa valeur maximale **L** tel que $sinL = \frac{n_2}{n_1}$.

Si $i_1 > L$ le rayon incident est intégralement réfléchi par la surface de séparation : c'est la **réflexion totale**.



Résumé des différents cas de réfraction étudiés.

Figure 1 : cas où $i_1 < L$.

On voit le rayon incident S_1, le rayon réfléchi R_1, le rayon réfracté T_1 et la normale N à la surface.

Figure 2 : cas où i_1 = L.

Le rayon réfracté T_2 fait un angle de 90° ou $\frac{\pi}{2}$ rad avec la normale.

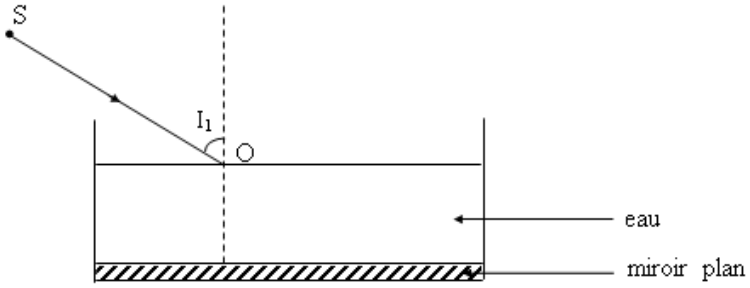
Figure 3 : cas où $i_1 >$ L.

Le rayon S_3 et le rayon réfléchi R_3 sont dans le plan d'incidence. La réflexion est totale.

SITUATION D'EVALUATION

Un groupe d'élèves en classe de terminale, sous la supervision de leur professeur de Physique-Chimie, vérifie expérimentalement les lois de la réfraction à partir de l'expérience schématisé ci-dessous. A partir d'une source laser, un élève du groupe émet un rayon lumineux. Ce rayon arrive à la surface libre de l'eau contenue dans une cuve à eau sous incidence $i_1 = 60°$. Au fond de la cuve d'eau est placé un miroir plan (voir schéma ci-dessous). L'indice de réfraction de l'air $n_1 = 1{,}33$ et l'indice de réfraction de l'eau $n_2 = 1{,}33$. Le Professeur leur demande de déterminer la valeur de l'angle α avec laquelle le rayon sortira de l'eau.

Tu es le rapporteur du groupe.



1. Précise le milieu le plus réfringent
2. Trace qualitativement la marche du rayon jusqu'à ce qu'il ressorte de l'eau.
3. Détermine :

3.1 l'angle réfracté i_2 ;

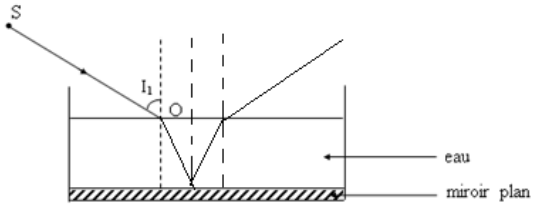
3.2 l'angle réfléchi i_3 sur le miroir plan.

4. Déduis-en l'angle avec lequel le rayon sortira de l'eau.

CORRIGE

1. Précise le milieu le plus réfringent

Comme $n_2 > n_1$ alors l'eau réfringente que l'air.



2. Trace qualitativement la marche du rayon jusqu'à ce qu'il ressorte de l'eau.

Voir figure

3. Détermine :

3.1 l'angle réfracté i_2

D'après la loi de réfraction, on a : $n_2 sini_2 = n_1 sini_1 \Rightarrow sini_2 = \frac{n_1 sini_1}{n_2}$

$n_1 sini_1 = n_2 sini_2 \Rightarrow sini_2 = \frac{n_1 sini_1}{n_2}$

$\boldsymbol{i_2 = \sin^{-1}(\frac{n_1 sini_1}{n_2})}$

$\boldsymbol{i_2 = \sin^{-1}(\frac{1 \times sin60°}{1{,}33})}$

$\boldsymbol{i_2 = \sin^{-1}(\frac{1 \times sin60°}{1{,}33})}$

$\boldsymbol{i_2 = 40°}$

3.2 l'angle réfléchi i_3 sur le miroir plan.

Selon la 2ème loi de réflexion de la lumière :

$\boldsymbol{i_2 = i_3 = 40°}$

4. Déduis-en l'angle avec lequel le rayon sortira de l'eau.

Selon la 2ème loi de réfraction de la lumière :

$n_2 sini_2 = n_1 sini_3 \Rightarrow sini_3 = \frac{n_2 sini_2}{n_1}$

$\boldsymbol{i_3 = \sin^{-1}(\frac{n_2 sini_2}{n_1})}$

$\boldsymbol{i_3 = \sin^{-1}(\frac{1{,}33 \times sin 40°}{1})}$ = 58,74°

III. EXERCICES

Exercice 1

Pour chacune des propositions suivantes, recopie le numéro de la proposition et écris à la suite « V » si elle est vraie ou « F » si elle est fausse.

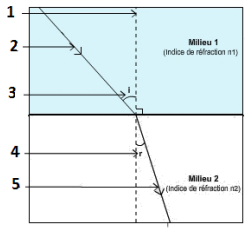
1- Dans une réflexion de la lumière l'angle d'incidence i est supérieur à l'angle de réflexion r
2- Le rayon réfracté est contenu dans le plan d'incidence
3- La réfraction de la lumière est le changement de direction de la lumière à la traversée de la séparation entre deux milieux transparents.
4- le rayon incident et le rayon réfléchi n'appartiennent pas à un même plan appelé *plan d'incidence*.

Corrigé de l'exercice 1

1- F
2- V
3- V
4- F

Exercice 2

A partir de la figure ci-contre, attribue un chiffre à chaque groupe de mots



Groupe de mots	Chiffre
Angle de réfraction	
Angle d'incidence	
Normale	
Rayon incident	
Rayon réfracté	

Corrigé de l'exercice

Groupe de mots	Chiffre
Angle de réfraction	4
Angle d'incidence	3
Normale	1
Rayon incident	2
Rayon réfracté	5

Exercice 3

Complète les vides par les mots : réflexion totale / réfraction limite / réfraction /

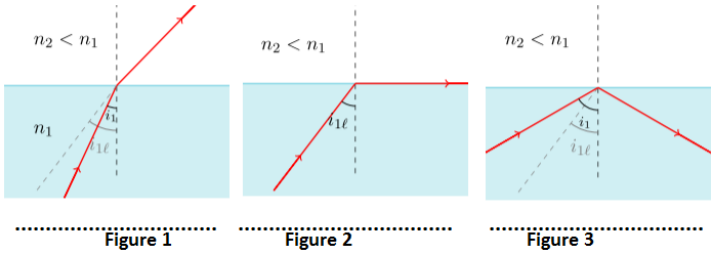
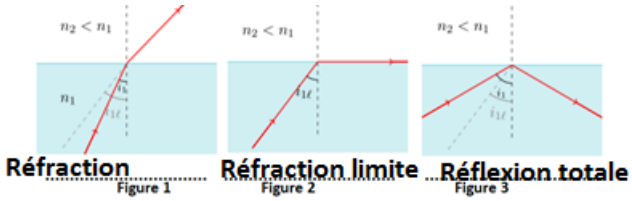


Figure 1 ..... Figure 2 ..... Figure 3

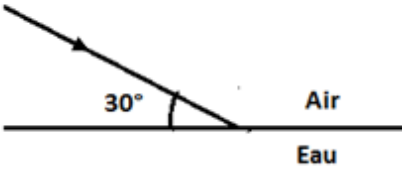
Corrigé de l'exercice 3



Exercice 4

Pendant la récréation, dans la cour de ton Lycée, ton ami ramasse une feuille où est inscrit le texte suivant :

« Un rayon lumineux arrive sur la surface de l'eau, d'indice n_2 =1,33, comme l'indique le document ci-dessous. L'indice de l'air est n_1=1,00. »



Il veut comprendre les lois de réflexion et de réfraction. Ton ami te sollicite.

1. Représente qualitativement sur la figure :

1.1 la normale à la surface de séparation entre l'air et l'eau

1.2 Le rayon réfléchi et le rayon réfracté.

2. Enonce la deuxième loi:

2.1 de réflexion de la lumière

2.2 de réfraction de la lumière

3. Détermine la valeur l'angle d'incidence $\boldsymbol{i_1}$
4. Déduis la valeur des angles de réflexion **r**, de réfraction $\boldsymbol{i_2}$ **et l'angle limite de réfraction** $\boldsymbol{i_\ell}$.

CORRIGE EXERCICE 4

1. Représentation qualitative sur la figure :

1.1 de la normale à la surface de séparation entre l'air et l'eau : voir figure

1.2 du rayon réfléchi et le rayon réfracté : voir figure

2. Enonce la deuxième loi:

2.1 de réflexion de la lumière :

L'angle de réfraction i_2 et l'angle d'incidence $i_1$sont liés par la relation $n_2.\sin i_2 = n_1.\sin i_1$.

2.2 de réfraction de la lumière

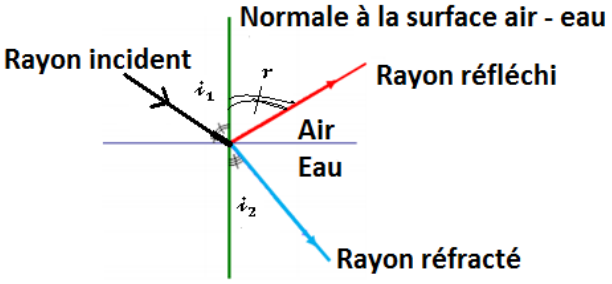
L'angle de réfraction i_2 et l'angle d'incidence $i_1$sont liés par la relation $n_2.sini_2 = n_1.sini_1$.

3. Valeur l'angle d'incidence $\boldsymbol{i_1}$

L'angle d'incidence $\boldsymbol{i_1}$ est l'angle formé par le rayon incident et la normale à la surface de séparation entre l'air et l'eau : $\boldsymbol{i_1 = 90° - 30° = 60°}$

4. Déduis la valeur des angles de réflexion **r** , de réfraction $\boldsymbol{i_2}$ **et l'angle limite de réfraction**$\boldsymbol{i_\ell}$.
   - L'angle de réflexion **r** est égal à l'angle d'incidence $\boldsymbol{i_1}$:$\boldsymbol{i_1 = r = 60°}$
   - Selon la loi de réfraction, on a : $n_2 sini_2 = n_1 sini_1 \Rightarrow sini_2 = \frac{n_1 sini_1}{n_2}$

$$\boldsymbol{i_2 = \sin^{-1}(\frac{n_1 sini_1}{n_2})}$$
$$\boldsymbol{i_2 = \sin^{-1}(\frac{1 \times sin60°}{1,33})}$$
$$\boldsymbol{i_2 = \sin^{-1}(\frac{1 \times sin60°}{1,33})}$$
$$\boldsymbol{i_2 = 40°}$$



Pour obtenir l'ange de réfraction $\boldsymbol{i_\ell}$: $\boldsymbol{i_1 = 90° \Rightarrow sini_1 = 1}$

$\boldsymbol{n_2 sini_2 = n_1 \Rightarrow sini_\ell = \frac{n_1}{n_2}}$ **A.N :** $\boldsymbol{sini_\ell = \frac{1}{1,33} = 0,752}$ **donc** $\boldsymbol{i_\ell = 76,19°}$

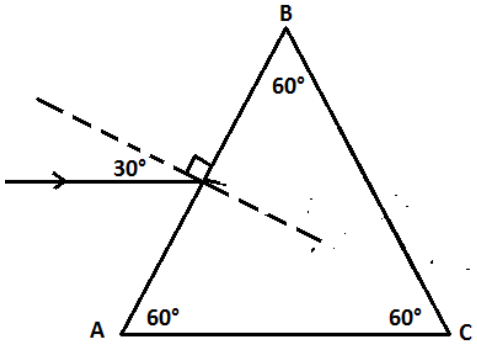
Exercice 5

Au cours d'une séance de travaux, un groupe d'élèves, en présence de leur professeur de Physique-Chimie, réalise la réfraction d'un rayon incident par un prisme en verre d'indice n = 1,52.
A l'aide d'une source de laser, un élève fait émettre un rayon lumineux à la surface du prisme triangulaire ABC selon un angle incident de 30°. Le groupe veut déterminer l'angle de réfraction à son retour dans l'air. Tu es sollicité.

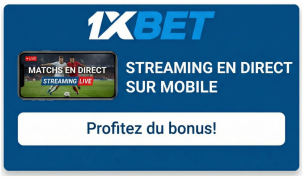
1. Schématise la situation décrite.
2. Représente qualitativement sur la figure le rayon réfracté.
3. Détermine l'angle de réfraction θ_2 dans le verre.
4. Détermine l'angle de réaction θ_3 du rayon à son retour dans l'air.
5.

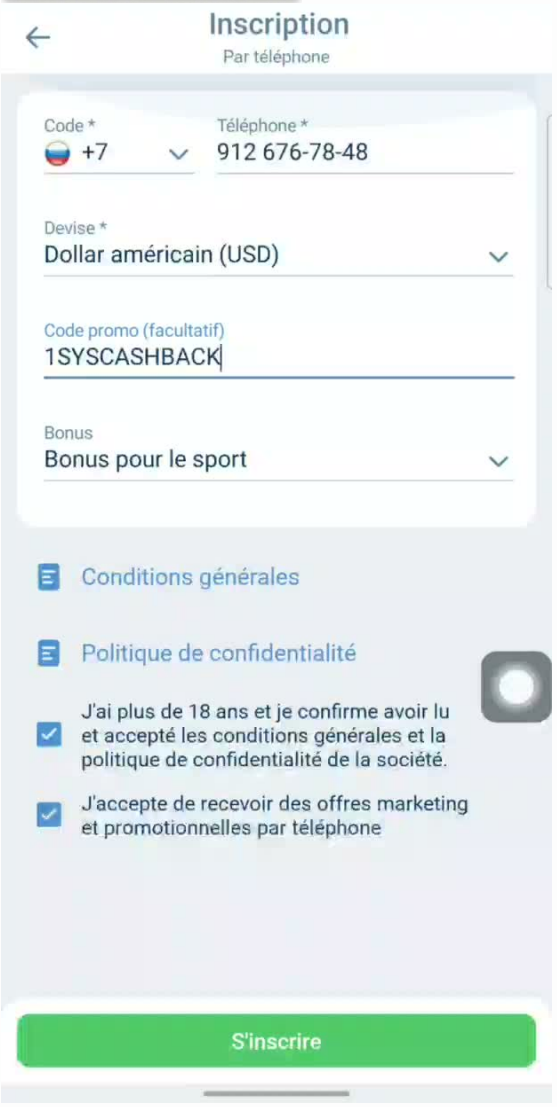
Correction de l'exercice 5

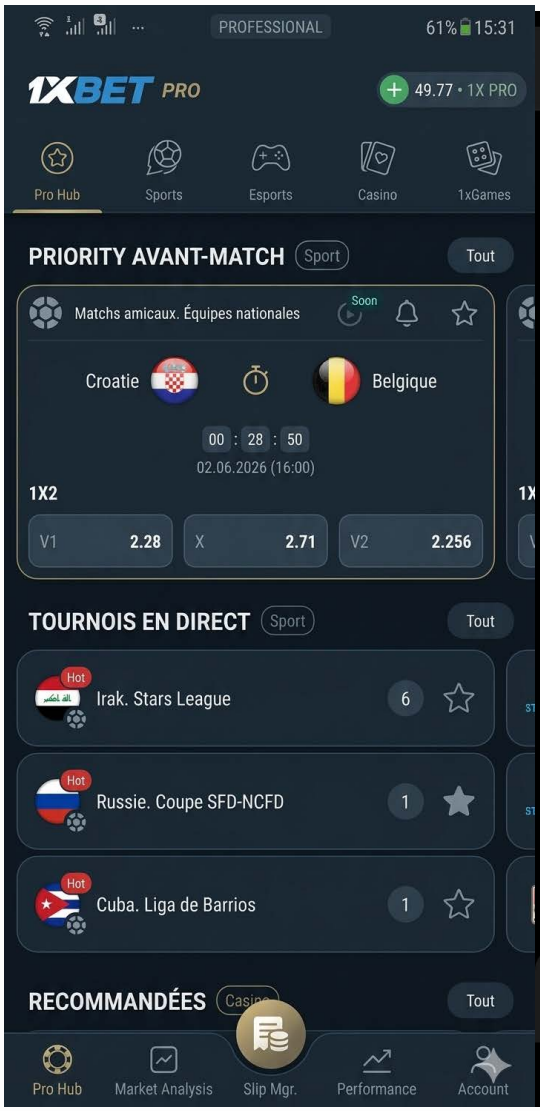
1. Schéma de la situation décrite

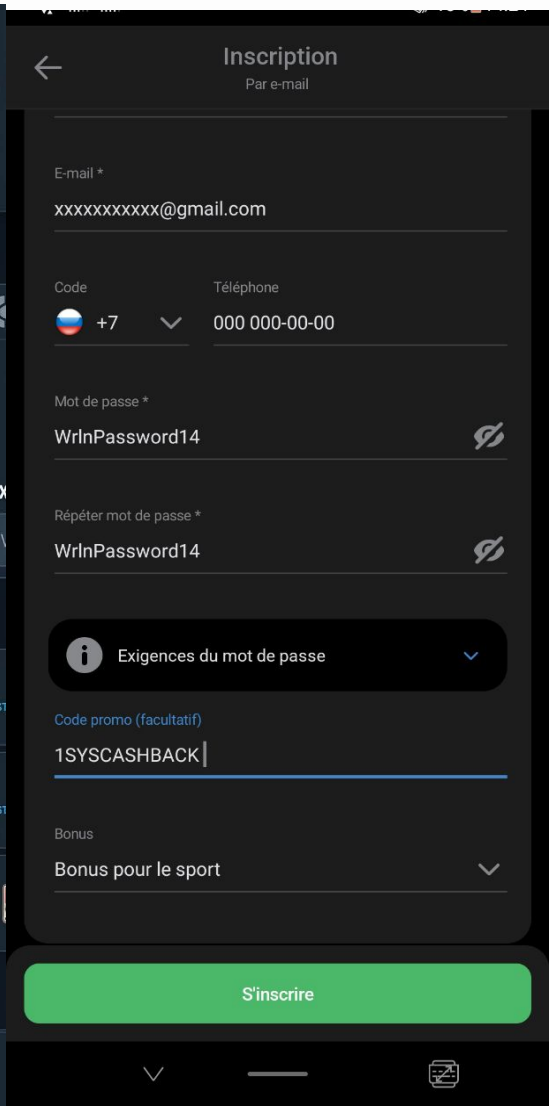


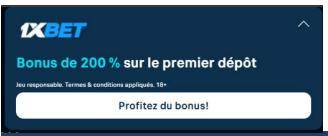
2. Représentation qualitativement sur la figure le rayon réfracté

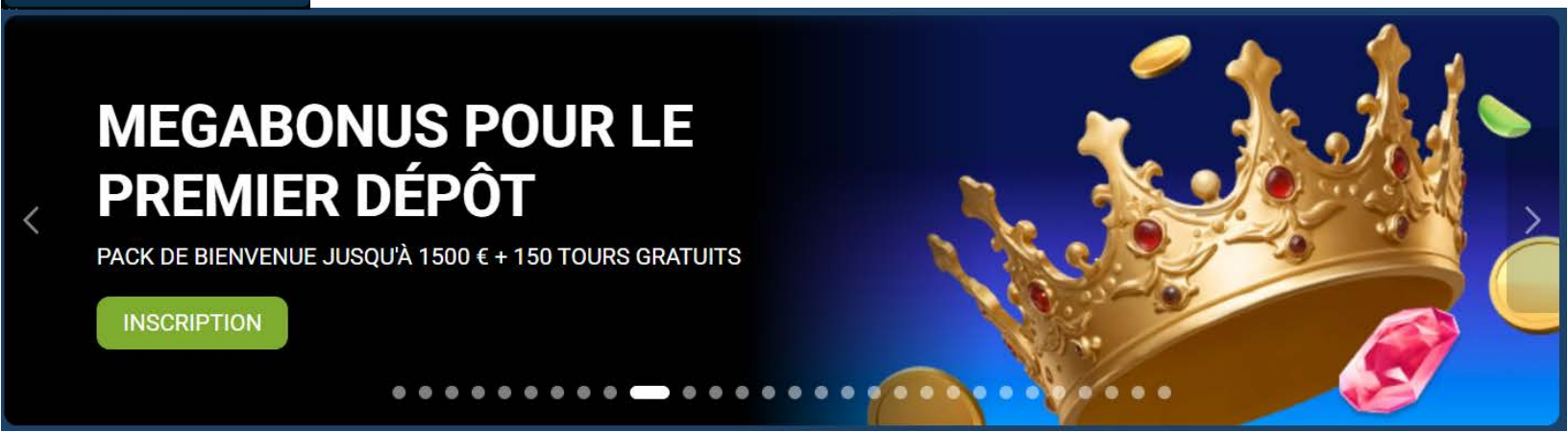

1XBET
STREAMING EN DIRECT SUR MOBILE
Profitez du bonus!

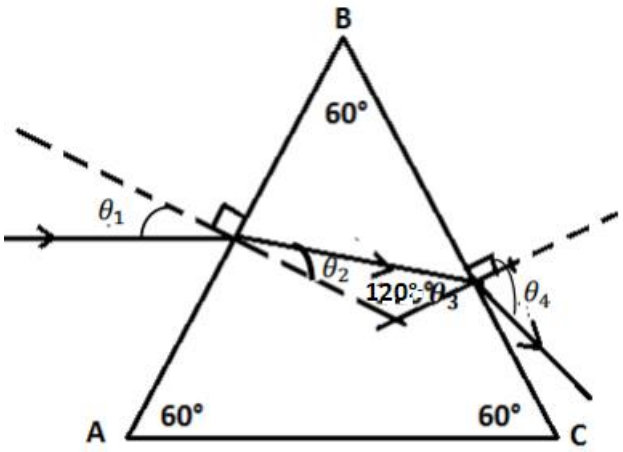

Inscription
Par téléphone
Code *
+7
Téléphone *
912 676-78-48
Devise *
Dollar américain (USD)
Code promo (facultatif)
1SYSCASHBACK
Bonus
Bonus pour le sport
Conditions générales
Politique de confidentialité
J'ai plus de 18 ans et je confirme avoir lu et accepté les conditions générales et la politique de confidentialité de la société.
J'accepte de recevoir des offres marketing et promotionnelles par téléphone
S'inscrire

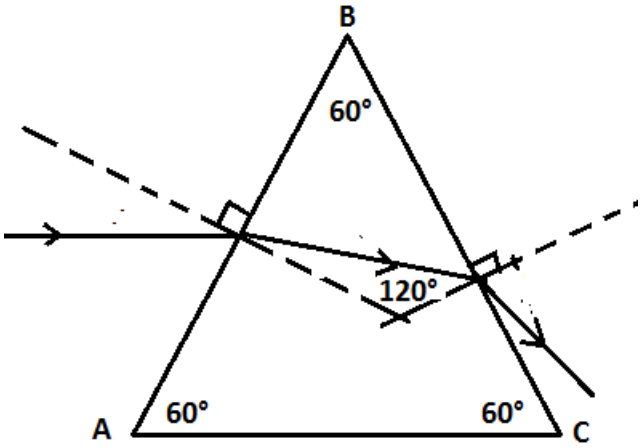

PROFESSIONAL
61% 15:31
1XBET PRO
49.77 • 1X PRO
Pro Hub
Sports
Esports
Casino
1xGames
PRIORITY AVANT-MATCH
Sport
Tout
Matchs amicaux. Équipes nationales
Soon
Croatie
Belgique
00 : 28 : 50
02.06.2026 (16:00)
1X2
V1 2.28
X 2.71
V2 2.256
TOURNOIS EN DIRECT
Sport
Tout
Hot
Irak. Stars League
6
Hot
Russie. Coupe SFD-NCFD
1
Hot
Cuba. Liga de Barrios
1
RECOMMANDÉES
Casino
Tout
Pro Hub
Market Analysis
Slip Mgr.
Performance
Account


Inscription
Par e-mail
E-mail *
xxxxxxxxxx@gmail.com
Code
+7
Téléphone
000 000-00-00
Mot de passe *
WrlnPassword14
Répéter mot de passe *
WrlnPassword14
Exigences du mot de passe
Code promo (facultatif)
1SYSCASHBACK
Bonus
Bonus pour le sport
S'inscrire


1XBET
Bonus de 200 % sur le premier dépôt
Jeu responsable. Termes & conditions appliqués. 18+
Profitez du bonus!


MEGABONUS POUR LE PREMIER DÉPÔT
PACK DE BIENVENUE JUSQU'À 1500 € + 150 TOURS GRATUITS
INSCRIPTION





3. Angle de réfraction θ_2 dans le verre.

- $n_2 sin\,\theta_2 = n_1 sin\,\theta_1 \Rightarrow sin\theta_2 = \frac{n_1 sin\theta_1}{n_2}$

$\theta_2 = \mathbf{sin^{-1}}(\frac{n_1 sini_1}{n_2})$

$\theta_2 = \mathbf{sin^{-1}}(\frac{\mathbf{1 \times sin30^\circ}}{\mathbf{1{,}52}})$; $\theta_2 = \mathbf{19{,}2^\circ}$

4. Angle de réaction θ_3 du rayon à son retour dans l'air

$n_1 sin\,\theta_3 = n_2 sin\,\theta_2 \Rightarrow sin\theta_3 = \frac{n_2 sin\theta_2}{n_1}$

$\theta_3 = \mathbf{sin^{-1}}(\frac{n_2 sin\theta_2}{n_1})$

$\theta_3 = \mathbf{sin^{-1}}(\frac{\mathbf{1{,}52 \times sin30^\circ}}{\mathbf{1}})$; $\theta_3 = \mathbf{40{,}8^\circ}$

IV. DOCUMENTATION

Les applications industrielles de la fibre optique

La fibre optique est de plus en plus utilisée de nos jours dans de nombreux domaines :

- **la télécommunication** : les liaisons urbaines et inter-urbaines, ainsi que dans les liaisons sous-marines ;
- **l'audiovisuel** : réalisation des réseaux câblés de télévision ;

- **la médecine** : d'abord en endoscopie pour éclairer l'intérieur d'un corps et ensuite envoyer les images au médecin, puis en chirurgie en binôme avec un faisceau laser pour pulvériser un calcul rénal, éliminer une tumeur ou encore pour réparer une rétine ;

- **l'éclairage** : décoration et illumination des piscines, des bassins ou des fontaines ; les panneaux de signalisation et les enseignes ;

- **la signalisation routière** : rond-points et séparation de voies de circulation.

On cherche à la développer dans d'autres domaines tel que **l'astronautique :** elle représente en effet un appareil idéal pour constituer le cœur des systèmes de navigation des fusées et des satellites.

Niveau : 1ères CD Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE	CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE THEME: CHIMIE ORGANIQUE	

TITRE DE LA LEÇON : HYDROCARBURES SATURÉS : LES ALCANES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le cadre des activités du club scientifique, les élèves de la 1ère C du Lycée Akpa Gnagne de Dabou se rendent à la Société Ivoirienne de Raffinage (SIR). Lors de cette visite, ils apprennent que le pétrole lampant, le gaz de cuisine l'essence sans plomb, le gas-oil, et le kérosène contiennent des d'alcanes.

Agréablement surpris, de retour en classe, ils s'engagent, sous la conduite du professeur à connaître la structure des alcanes, à nommer quelques alcanes et à expliquer l'intérêt des alcanes.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Généralités

1.1. La liaison covalente

Une liaison covalente s'établit entre deux atomes par la **mise en commun** de deux de leurs **électrons célibataires** de manière à former un **doublet de liaison**.

1.2. La valence d'un atome

La valence d'un atome est le **nombre de liaisons** de covalence qu'il peut former avec d'autres atomes.

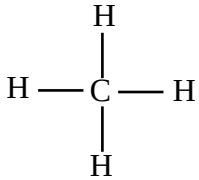
1.3. Formule brute générale des alcanes

Les **alcanes** sont des hydrocarbures dont **tous les atomes de carbone** ont une structure tétraédrique. Leur formule brute générale est $\mathbf{C_nH_{2n+2}}$ $(n \geq 1)$

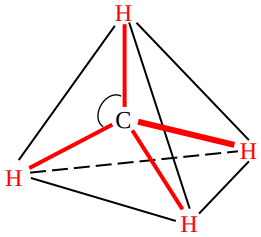
2. Structure des alcanes

2.1. Le méthane

C'est le plus simple des alcanes. Sa **formule brute** est $\mathbf{CH_4}$. L'atome de carbone établit 4 liaisons de covalence avec 4 atomes d'hydrogène d'où la formule développée suivante :



La structure géométrique de la molécule est :



L'atome de carbone est situé au centre d'un tétraèdre régulier dont les sommets sont occupés par les 4 atomes d'hydrogène : on dit que le carbone a une **structure tétraédrique**.

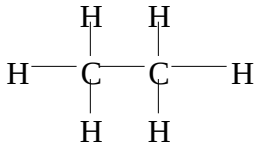
Les caractéristiques géométriques de la molécule sont :

- longueur de liaison C─H : **109 pm** (1 pm = 10^{-12} m)
- angle de liaison : $\widehat{HCH}$ **= 109°28'.**

2.2.L'éthane

Les deux atomes de carbone sont tétragonaux.
La formule brute de l'éthane est **C_2H_6**.

La formule développée est :



La formule semi-développée est $CH_3—CH_3$
Les deux groupes méthyle – CH_3 peuvent tourner l'un par rapport à l'autre, l'axe de rotation étant l'axe de la liaison C - C.

2.3.Notion de chaîne carbonée

2.3.1-Définition

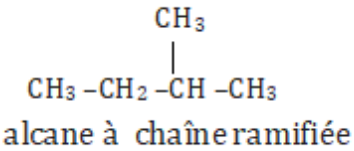
On appelle **chaîne carbonée** ou squelette **carboné,** l'enchaînement des atomes de carbone qui constituent une molécule organique.

- Une **chaîne carbonée** est dite **linéaire** si elle est constituée d'atomes de carbone liés les uns à la suite des autres, et qu'elle ne forme pas une boucle.

-Une **chaîne** carbonée est dite **ramifiée** si au moins un des atomes de carbone, appelé carbone **ramifié**, **est** lié à trois ou quatre autres atomes de carbone.

2.3.2-Exemples

CH_3-CH_2-CH_2-CH_3
Alcane à Chaîne linéaire



alcane à chaîne ramifiée

3.Règles de nomenclature des alcanes

3.1 Les alcanes à chaîne carbonée linéaire

Les quatre premiers alcanes ont un nom consacré par l'usage.

n = 1 ; Méth**ane**	n = 2 ; Eth**ane**	n = 3 ; Prop**ane**	n = 4 ; But**ane**

Pour les suivants, le nom de l'alcane à chaîne linéaire est obtenu de la manière suivante :
Préfixe + **ane:** le préfixe indique le **nombre d'atomes** de carbone dans la molécule.
Exemples :

Nombre d'atome de carbone (n)	**préfixe**	**nom**	**Formule brute**
5	pent	pentane	C_5H_{12}
6	hex	hexane	C_6H_{14}
7	hept	heptane	C_7H_{16}
8	oct	octane	C_8H_{18}
9	non	nonane	C_9H_{20}
10	déc	décane	$C_{10}H_{22}$

3.2 Groupe alkyle

Un groupe **alkyle** dérive des alcanes par la perte d'un atome d'hydrogène.
Pour nommer un groupe alkyle, il suffit de prendre le préfixe indiquant le nombre de carbone et de mettre le suffixe « **-yle** ».

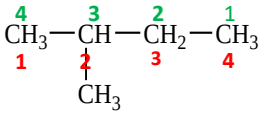
Par exemple :

- méthyle : CH_3- ;
- éthyle : CH_3-CH_2- ;
- propyle : CH_3-CH_2-CH_2- ;
- isopropyle : CH_3-$\underset{|}{CH}$-CH_3.

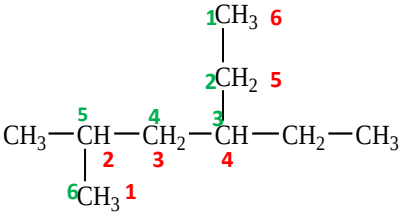
3.3-Les alcanes à chaîne carbonée ramifiée

① On recherche la chaîne la plus longue (**chaîne principale**). Son nombre d'atomes de carbone détermine le nom de l'alcane.
② On numérote la chaîne principale de sorte que les indices de position des groupes alkyles soient les petits bas possibles.
③ Le nom de l'alcane est constitué des noms des ramifications précédés de leur indice de position (avec un tiret) suivis du nom de la chaîne principale. Les ramifications sont indiquées par ordre alphabétique et on supprime le « **e** » final.

Exemples :

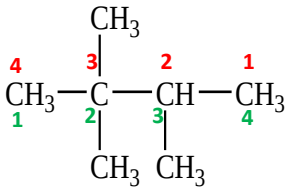


2-methylbutane



4-ethyl-2-methylhexane

N.B Dans le cas de plusieurs substituants identiques, on utilise les préfixes di, tri, tétra, ….



2,2,3-trimethylbutane

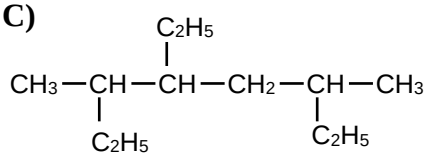
Activité d'application

Nomme chacun des alcanes suivants :

A) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$

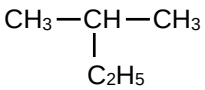
B) $CH_3—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}—CH_2—CH_2—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}—CH_3$

C)



D) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$

E)



Solution

A) butane
B) 2,5 – diméthylhexane
C) 4- éthyl - 3,6 – diméthyloctane
D) heptane
E) 2-méthylbutane

4. Les cyclanes

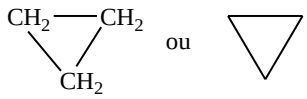
4.1-Définition

Les **cyclanes** (ou **cycloalcanes**) sont les hydrocarbures dans lesquels les liaisons carbone-carbone sont des liaisons simples et dont la chaîne carbonée se referme sur elle-même.

Leur formule générale brute est $\mathbf{C_nH_{2n}}$.

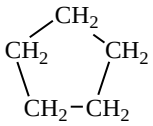
- Le nom des cyclanes non ramifiés s'obtient en faisant précéder du préfixe **cyclo**, le nom de l'alcane linéaire correspondant.

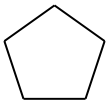
Exemples :



ou

cyclopropane

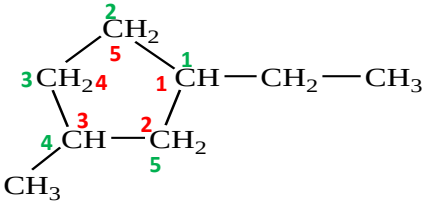


ou 

cyclopentane

- Pour les cyclanes à chaîne ramifiée, on utilise les mêmes règles appliquées aux alcanes ramifiés.

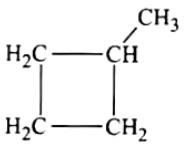
Exemple :

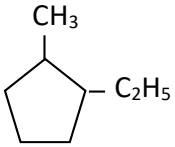


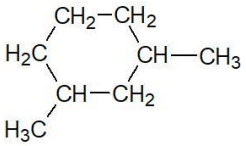
1-éthyl-3-méthylcyclopentane

Activité d'application

Nomme les composés de formules semi-développées suivantes :

1) 

2) 

3) 

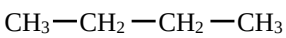
Solution

1) méthylcyclobutane ;
2) 1-éthyl-2-méthylcyclopentane
3) 1, 3-diméthylcyclohexane ;

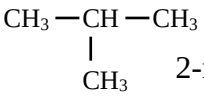
5- Isomérie de chaîne

On appelle isomères de chaine, des composés qui possèdent la même formule brute mais des formules semi-développées différentes.

Exemples :



n-butane

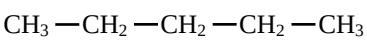


2-méthylpropane

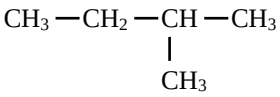
Activité d'application

Donne les formules semi-développées et les noms des isomères de formule brute C_5H_{12}

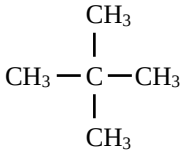
Solution



n-pentane



2-méthylbutane



2,2-diméthylpropane

6-Proprietés chimiques des alcanes

6.1. Combustion des alcanes dans le dioxygène

6.1.1. Combustion complète

La combustion complète des alcanes a pour équation-bilan générale :

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$$

Elle produit du **dioxyde de carbone** et de **l'eau.**

Exemple : Pour le butane (C_4H_{10}), on a :

$$C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$$

6.1.2. Combustion incomplète

Lorsque le dioxygène est en défaut, la combustion est incomplète. Les produits de la réaction sont : l'**eau**, le **dioxyde de carbone**, le **carbone** et le **monoxyde de carbone** (**CO**).

Activité d'application

Un élève réalise la combustion complète de l'éthane.

1- Ecris l'équation-bilan de cette réaction
2- Cite les produits qui se forment lorsque le dioxygène est insuffisant.

Solution

1- $C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
2- Lorsque le dioxygène est insuffisant, la combustion devient complète. Les produits de la réaction sont : l'**eau**, le **dioxyde de carbone**, le **carbone** et le **monoxyde de carbone** (**CO**).

6.2. Réaction de substitution des alcanes : chloration du méthane

La chloration du méthane se fait en présence de lumière : c'est une **réaction photochimique**.

Au cours de cette réaction, chaque atome de chlore se substitue (remplace) à un atome d'hydrogène. Il se forme quatre produits selon les équation-bilans suivantes :

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{lumière}} HCl + CH_3Cl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{\text{lumière}} HCl + CH_2Cl_2$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{lumière}} HCl + CHCl_3$$

$$CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{lumière}} HCl + CCl_4$$

CH_3Cl : monochlorométhane ;

CH_2Cl_2 : dichlorométhane ;

$CHCl_3$: trichlorométhane ;

CCl_4 : tétrachlorométhane.

7. <u>Intérêt des dérivés chlorés</u>

Les dérivés chlorés obtenus à partir du méthane jouent un rôle important dans la vie courante :

- Le monochlorométhane est un gaz très liquéfiable utilisé comme agent de réfrigération du fait de la grande fraicheur produite par son évaporation ;
- Le dichlorométhane est utilisé comme solvant ;
- Le trichlorométhane ou chloroforme, autrefois utilisé comme anesthésique générale en médecine, sert aujourd'hui de solvant et d'intermédiaire de synthèse d'autres composés organiques ;
- Le tétrachlorométhane est un excellent solvant utilisé en chimie organique pour la dissolution du brome et de certains corps gras.

<u>N.B.</u> Certains dérivés halogénés contenant l'élément chlore ou fluor sont des gaz à effet de serre. C'est le cas des fréons.

<u>Situation d'évaluation</u>

Tu découvres dans une revue scientifique que les alcanes brûlent dans l'air ou dans le dioxygène en dégageant beaucoup de chaleur. Ils sont ainsi utilisés comme des combustibles. Ainsi la combustion complète de 1,16 g d'un alcane, à chaine ramifiée produit 3,52 g de dioxyde de carbone et 1,8 g d'eau.

On donne en g/mol **:** M_C =12 ; M_H = 1 ; M_O = 16. Volume molaire : V_m = 22,4 L/mol

Tu es sollicité pour déterminer le volume de dioxygène qu'a nécessité cette combustion complète.

1- Donne la formule générale des alcanes.
2- Ecris l'équation –bilan générale de la combustion complète d'un alcane dans le dioxygène.
3- Détermine la formule brute de l'alcane
4- Détermine le volume de dioxygène nécessaire à la combustion complète.

Solution

1- La formule générale des alcanes : C_nH_{2n+2}

2- Équation-bilan générale de la combustion des alcanes : $C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \longrightarrow n\ CO_2 + (n+1)\ H_2O$

3- Détermination de la formule brute de l'alcane:

$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \longrightarrow n\ CO_2 + (n+1)\ H_2O$

Bilan molaire :

$$\frac{n(C_2H_{2n+2})}{1} = \frac{n(CO_2)}{n} = \frac{n(H_2O)}{n+1}$$

$$n(CO_2) = \frac{3,52}{44} = 0,08\ mol \text{ et } n(H_2O) = \frac{1,8}{18} = 0,1\ mol$$

$$\Rightarrow \frac{0,08}{n} = \frac{0,1}{n+1} \Rightarrow n = 4$$

Cet alcane a donc pour formule brute C_4H_{10}

4- Le volume de dioxygène

L'équation-bilan se réécrit : $2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \longrightarrow\ 8\ CO_2 + 10\ H_2O$

Déterminons le volume de CO_2 formé

D'après le bilan volumique $\frac{V_{O_2}}{13} = \frac{V_{CO_2}}{8} \Longrightarrow V_{O_2} = \frac{13}{8} \times V_{CO_2}$

Or $V_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}} \times V_m$

Donc le volume de dioxygène nécessaire est : $V_{O_2} = \frac{13 m_{CO_2}}{8 M_{CO_2}} \times V_m \qquad \Longrightarrow V_{O_2} = 2{,}9\ L$

IV. EXERCICES

Exercice 1

Écris les formules semi-développées des composés suivants :

a. 2 –chloro – 3 – méthylbutane

b. 2,3 –dichloro – 2 – méthylpentane

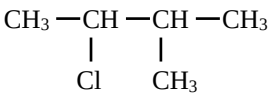
c. 2–bromo-4–chloro-3 – éthyl – 3 –méthylhexane

d. 1, 1, 2,2 – tétrafluoroéthane

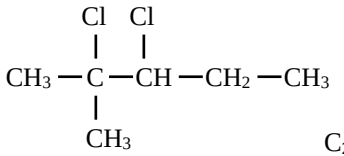
Solution

Les formules semi-développées des composés

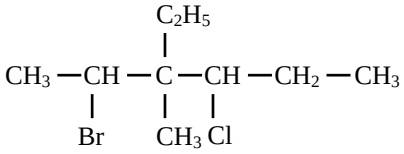
a) 2 –chloro – 3 – méthylbutane :



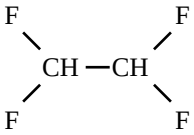
b) 2,3 –dichloro – 2 – méthylpentane :



c) 2–bromo-4–chloro-3 – éthyl – 3 –méthylhexane :



d) 1, 1, 2,2 – tétrafluoroéthane :



Exercice 2

Pour chacune des propositions suivantes :

1) Un alcane est un composé organique renfermant uniquement des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène.	V	F
2) Un alcane non cyclique est un hydrocarbure dont la molécule est formée uniquement d'atomes de carbone (C) et d'atomes d'hydrogène (H) liés entre eux par des liaisons covalentes simples.	V	F
3) L'alcane est ramifié si sa chaîne carbonée est acyclique et si au moins un atome de carbone du squelette est relié à trois autres atomes de carbone.	V	F
4) Les alcanes cycliques ou cyclanes sont des alcanes dont la chaîne carbonée est ramifiée.	V	F
5) La formule générale brute des alcanes est C_nH_{2n-2}.	V	F
6) La molécule d'alcane est dite saturée car elle ne peut pas additionner une autre molécule.	V	F

Entoure la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

Solution

1) Un alcane est un composé organique renfermant uniquement des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène.	V	(F)
2) Un alcane non cyclique est un hydrocarbure dont la molécule est formée uniquement d'atomes de carbone (C) et d'atomes d'hydrogène (H) liés entre eux par des liaisons covalentes simples.	(V)	F
3) L'alcane est ramifié si sa chaîne carbonée est acyclique et si au moins un atome de carbone du squelette est relié à trois autres atomes de carbone.	(V)	F
4) Les alcanes cycliques ou cyclanes sont des alcanes dont la chaîne carbonée est ramifiée.	V	(F)
5) La formule générale brute des alcanes est C_nH_{2n-2}.	V	(F)
6) La molécule d'alcane est dite saturée car elle ne peut pas additionner une autre molécule.	(V)	F

Exercice 3

Ton professeur de physique-chimie fait réagir du propane avec du dichlore en présence de lumière. Il obtient deux produits monochlorés A et B isomères.

1) Écris l'équation-bilan de la réaction.
2) Écris la formule semi-développée et le nom de chacun des composés A et B obtenus.

Solution

1) Équation-bilan

$$C_3H_8 + C\ell_2 \xrightarrow{\text{Lumière}} C_3H_7C\ell + HC\ell$$

2) Formules semi-développées

A : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - C\ell$: $1-$chloropropane

B: $CH_3 - \underset{\displaystyle C\ell}{\underset{|}{CH}} - CH_3$: $2-$chloropropane

Exercice 4

Au cours d'une séance de TP, un groupe d'élèves de la première désire identifier un alcane A.

Pour cela, le groupe réalise dans un premier temps la combustion complète de 3,6g de l'alcane A. Il obtient 11g de dioxyde de carbone et 5,4g d'eau. Ensuite, il réalise la monochloration de A. Il obtient un seul produit. On donne en g/mol **:** M_C =12 ; M_H = 1 ; M_O = 16.

Tu es le rapporteur du groupe.

1. Écris l'équation-bilan de la combustion complète des alcanes.
2. Déduis la formule brute de l'alcane A.
3. Donne les formules semi-développées de ses isomères.
4.
   4.1. Détermine parmi les formules sémi-dévéloppées précédentes celle qui désigne A. Donne son nom.
   4.2. Écris l'équation de la mono chloration.

Solution

1. Équation-bilan générale de la combustion des alcanes

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \longrightarrow n\ CO_2 + (n+1)\ H_2O$$

2. La formule brute de l'alcane A

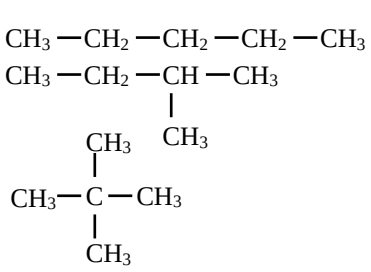
D'après le bilan molaire $\frac{n_A}{1} = \frac{n_{CO_2}}{n} = \frac{n_{H_2O}}{n+1}$

$$n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}} \Longrightarrow n_{CO_2} = \frac{11}{44} \Longrightarrow n_{CO_2} = 0{,}25\ mol$$

$$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} \Longrightarrow n_{H_2O} = \frac{5{,}4}{18} \Longrightarrow n_{H_2O} = 0{,}3\ mol$$

On a donc $\frac{0{,}25}{n} = \frac{0{,}3}{n+1} \Longrightarrow$ n = 5 d'où A : C_5H_{12}

3. Les formules semi-développées des isomères


: pentane

: 2-méthylbutane

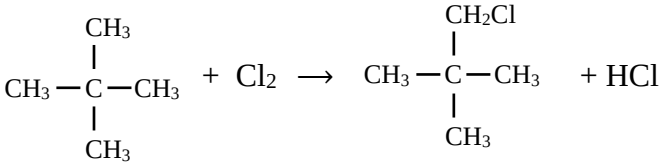
: 2,2-diméthylpropane

4.

4.1) Le nom de A

L'alcane A est le 2,2-diméthylpropane

4.2) Équation-bilan de la réaction de chloration



Exercice 5

En vue d'écrire et d'exploiter correctement les équations-bilans de combustion des alcanes, il est demandé à un groupe d'élèves dont tu fais partie de déterminer la composition en volume d'un mélange gazeux de deux alcanes. A cette occasion vous faites brûler dans un récipient sec, 12 cm^3 d'un mélange de propane et de butane avec 100 cm^3 de dioxygène. La combustion est complète. Après retour aux conditions initiales, l'eau s'étant condensée, il reste 42 cm^3 de dioxyde de carbone et 31 cm^3 de dioxygène.

Masses molaires atomiques en g/mol: M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16.

Tu es le rapporteur du groupe

1. Écris l'équation-bilan de la réaction de combustion :
   1.1) du propane avec le dioxygène.
   1.2) du butane avec le dioxygène.
2. Détermine le volume initial :
   2.1) du propane.
   2.2) du butane.
3. Calcule le pourcentage en volume du propane et du butane dans le mélange initial.

Solution

1.

1.1) $C_3H_8 + 5\,O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

$V_1 \quad 5\,V_1 \quad 3\,V_1$

1.2) $C_4H_{10} + \frac{13}{2}\,O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5\,H_2O$

$V_2 \quad \frac{13}{2}\,V_1 \quad 4\,V_2$

2.

2.1) Volume initial du propane :

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 12 \\ 3V_1 + 4V_2 = 42 \\ 5V_1 + \frac{13}{2}V_2 = 100 - 31 = 69 \end{cases}$$

$\Longrightarrow$ $V_1 = 6\ cm^3$

2.2) Volume initial du butane :

$V_2 = 6\ cm^3$

3.

$\%\ C_3H_8 = \frac{6}{12} \cdot 100 = 50\%$

$\%\ C_4H_{10} = \frac{6}{12} \cdot 100 = 50\%$

IV. DOCUMENTATION

Quelle est la différence entre l'essence ordinaire et suprême?

En faisant le plein, les automobilistes sont toujours confrontés à la même question. Quel type d'essence choisir?

Les stations-service se cassent la tête pour trouver des noms qui vous donneront envie d'opter pour un carburant plus dispendieux. Pourquoi choisir l'essence « Ordinaire » quand on peut y aller pour la « Suprême », ou bien l'« Ultra 94 »?

Au-delà de ces appellations purement *marketing*, c'est l'indice d'octane qui différencie réellement un type de carburant d'un autre. Et l'indice d'octane n'a absolument rien à voir avec la qualité.

Cette mesure fait plutôt référence à la résistance d'un carburant.

Pour créer une combustion et ainsi faire avancer votre voiture, un moteur compresse un mélange d'air et d'essence, puis fait « exploser » ce mélange à l'aide d'une bougie d'allumage.
Sauf que parfois, l'essence peut s'enflammer d'elle-même au moment de la compression, et ce, même si la bougie d'allumage n'est pas encore entrée en jeu. C'est habituellement ce qui fait « claquer » un moteur, causant des performances déficientes et un danger de bris à long terme.
Si la majorité des moteurs automobiles vendus sur le marché fonctionnent parfaitement avec l'essence ordinaire à indice d'octane 87, certaines motorisations ont besoin d'essence à indice d'octane plus élevé pour éviter ces fameux claquements. Ceux-ci sont habituellement associés à des véhicules plus performants dont la mécanique utilise un ratio de compression plus élevé. Là, l'utilisation d'une essence à indice d'octane supérieur s'impose.
Toutefois, l'utilisation d'un carburant à indice d'octane plus élevé que ce qui est recommandé par le fabricant n'aura pas d'effet bénéfique sur votre moteur. Tout ce que vous ferez, c'est dépenser votre argent inutilement en payant plus cher le litre pour une essence qui fera exactement le même travail.

L'éthanol

De nos jours, l'essence ordinaire contient environ 10% d'éthanol alors certaines essences à indice d'octane plus élevé n'en comprennent pas du tout.
Si une présence de 10% d'éthanol dans le carburant n'a absolument rien de néfaste pour les voitures modernes, des propriétaires de véhicules de collection ont déjà émis des plaintes à ce sujet, expliquant que l'éthanol pouvait avoir des effets néfastes à long terme.
Comme ces véhicules roulent très peu, la présence d'éthanol peut possiblement causer de l'évaporation qui pourrait faire apparaître de la moisissure dans le réservoir et dans les conduites de carburant. Des propriétaires consciencieux pourraient donc être tentés de se tourner vers de l'essence à indice d'octane plus élevé, simplement pour éviter l'éthanol.
Reste que mis à part quelques exceptions du genre, il vaut mieux utiliser le type d'essence qui est recommandé par le manufacturier.

Selon une **étude publiée l'année dernière par l'American Automobile Association (AAA)**, aux États-Unis, les Américains gaspillent ainsi collectivement 2,1 milliards de dollars en optant inutilement pour une essence plus dispendieuse.
« Les conducteurs voient le mot « super » à la pompe et peuvent tenir pour acquis que cette essence est meilleure pour leur véhicule. Mais en ce qui concerne l'essence, « super » ne veut pas dire meilleur si votre voiture n'en a pas besoin », confirme John Nielsen, directeur au AAA.

PAR FRÉDÉRIC MERCIER7 MAI 2019

Niveau : 1ères CD

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME: CHIMIE ORGANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : HYDROCARBURES INSATURÉS : ALCÈNES ET ALCYNES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 1ère C au Lycée Moderne Tiapani de Dabou accompagne son père au garage pour souder son pot d'échappement. Il observe que pour réaliser la soudure, le tôlier utilise un chalumeau soudeur muni de deux tuyaux branchés sur deux bouteilles de gaz. Renseignement pris, l'une des bouteilles contient un hydrocarbure insaturé appelé acétylène et l'autre du dioxygène. La flamme bleue produite par la combustion de l'acétylène dans le dioxygène est très chaude. Elle fait fondre le métal et permet de faire les soudures.

Le lendemain, il informe ses camarades de classe. Désireux de comprendre le processus, les élèves sous la direction de leur professeur décident de connaître la structure des alcènes et des alcynes, d'en nommer quelques-uns et d'expliquer l'importance industrielle des composes insaturés.

II. CONTENU DE LA LEÇON

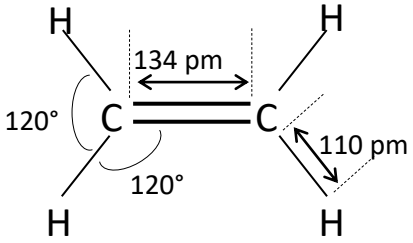
1. Structure et nomenclature des alcènes

1.1. La molécule d'éthylène

L'**éthylène** (ou **éthène**) est le plus simple des alcènes. Sa formule brute est $\mathbf{C_2H_4}$.

Sa formule semi-développée est $CH_2 = CH_2$

Sa structure géométrique **est**:



- La molecule est **plane**.
- Chaque atome de carbone est lié à trois autres atomes ; l'atome de carbone est dit trigonal.
- Du fait de la double liaison, la rotation autour de la liaison carbone – carbone est impossible, Cela rend la molécule très rigide.

1.2. Formule brute générale des alcènes

Les **alcènes** sont des hydrocarbures possédant une double liaison carbone – carbone ($\mathbf{C = C}$).

Leur formule brute générale est $\mathbf{C_nH_{2n}}$.

1.3. Nomenclature des alcènes

La nomenclature des alcènes est voisine de celle des alcanes.

– La chaîne principale est la chaîne carbonée la plus longue comportant la double liaison **C = C**.
– La présence de la double liaison est indiquée par le suffixe « **ène** » précédé d'un indice de position.
– La numérotation de la chaîne principale s'effectue de manière à donner les **indices les plus petits possibles** aux carbones qui portent la double liaison **(trigonaux**.).

Exemples :

① $CH_3-CH_2-CH=CH_2$ ② $CH_3-CH=CH-CH_3$

③ $CH_2=CH-CH(CH_3)-CH_3$ ④ $CH_3-CH=CH-CH_3$

① $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$ (1 2 3 4)
but-1-ène

② $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH}=\overset{2}{CH}-\overset{1}{CH_3}$ (1 2 3 4)
but-2-ène

③ $CH_2=CH-CH(CH_3)-CH_3$
3-méthylbut-1-ène

④ $CH_3-CH=C(CH_2-CH_3)-CH_3$
3-éthylpent-2-ène

Activité d'application

1- Nomme les alcènes suivants :

$CH_2=C(CH_3)-CH_3$	$CH_3-CH=C(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$	$CH_3-C(CH_3)(CH_3)-CH=C(CH_3)-CH_2-CH_3$
1-a)	1-b)	1-c)

2- Écris les formules semi développées des alcènes suivants :
a. 4 – méthylpent-2-ène
b. 2,5 – diméthylhex-3-ène
c. 1 – méthylcyclobutène

Solution

1- Noms des alcènes

1-a) 2-méthylprop-1-ène (ouméthylpropène) ;

1-b)3,4-diméthylpent-2-ène ;

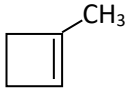
1-c) 2,2,4-triméthylhex-3-ène

2- Formulessemi développées des alcènessuivants :

a. 4–méthylpent-2-ène $CH_3-CH=CH-CH(CH_3)-CH_3$

b. 2,5 – diméthylhex-3-ène $CH_3-CH(CH_3)-CH=CH-CH(CH_3)-CH_3$

c. 1 – méthylcyclobutène

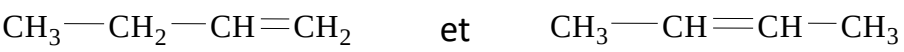


1.4.Isomérie

1.4.1.Isomérie de position

Les **isomères de position** diffèrent par la **position** de la double liaison dans la chaîne carbonée.

Exemples :

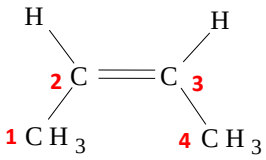


but-1-ène but-2-ène

1.4.2.Isomérie Z – E

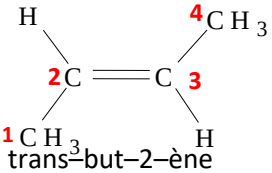
Deux **isomères Z** et **E** diffèrent par la disposition des atomes dans l'espace autour de la double liaison.

Exemples :



(*Z*)-but-2-ène

ou cis–but–2–ène

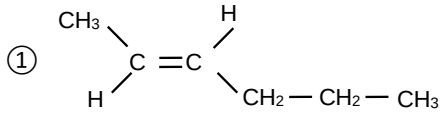


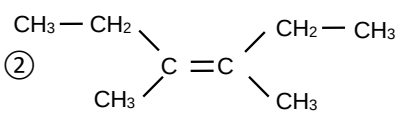
ou trans–but–2–ène

(*E*)-but-2-ène

Activité d'application

Nomme les molécules de formules semi-développées ci-dessous et précise les isomères (Z) et (E).





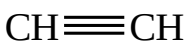
Solution

①(E)-hex-2-ène ②(Z)-hex-2-ène

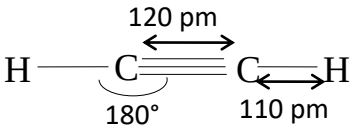
2. Structure et nomenclature des alcynes

2.1.La molécule d'acétylène

L'**acétylène** (ou **éthyne**) est le plus simple des alcynes. C'est un corps gazeux de formule brute **C_2H_2**.

* Formule semi-développée : 

* Formule développée :

* Structure géométrique : 

– Chaque atome de carbone est lié à deux autres atomes ; le carbone est dit digonal.

– La molecule est linéaire.

– La rotation autour de la liaison carbone–carbone est impossible.

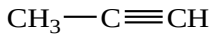
2.2.Formule brute générale des alcynes

Les hydrocarbures comportant une triple liaison carbone – carbone ($C \equiv C$) forment la famille des alcynes. Leur formule brute générale est $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$.

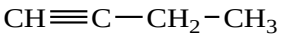
2.3.Nomenclature des alcynes

La nomenclature des alcynes est semblable à celle des alcènes, le suffixe « **ène** » étant remplacé par « **yne** ».

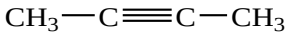
Exemples :



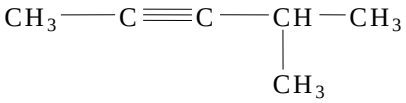
prop-1-yne



but-1-yne



but-2-yne

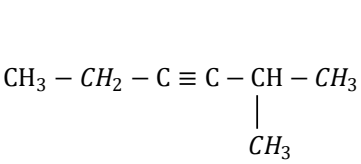


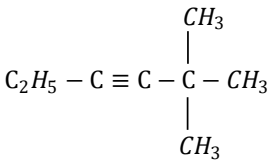
4-méthylpent-2-yne

Remarques : Comme les alcènes, les alcynes présentent aussi une **isomérie de chaîne** et une **isomérie de position**

Activité d'application

Nomme les alcynes suivants:





Solution

2-méthylhex-3-yne ; 2,2-diméthylhex-3-yne

3. Propriétés chimiques des alcènes et des alcynes

3.1.Combustion des alcènes et des alcynes

Lorsque le dioxygène est en quantité suffisante, la combustion est complète et les produits formés sont l'**eau** et le **dioxyde de carbone** selon les équations-bilan suivantes :

$$\text{Alcènes : } C_nH_{2n} + \frac{3n}{2} O_2 \longrightarrow n\,CO_2 + n\,H_2O$$

$$\text{Exemple: } C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

$$\text{Alcynes : } C_nH_{2n-2} + \frac{3n-1}{2} O_2 \longrightarrow n\,CO_2 + (n-1)\,H_2O$$

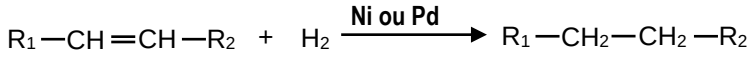
$$\text{Exemple: } C_2H_2 + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$$

3.2. Réactions d'addition

3.2.1. Additions sur les alcènes

* **Action du dihydrogène (H_2) : réaction d'hydrogénation**

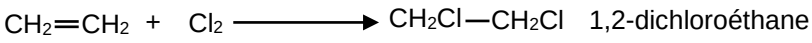
En présence d'un catalyseur (Nickel ou palladium), les alcènes réagissent avec le dihydrogène pour donner un alcane selon l'équation-bilan :



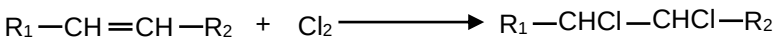
- R_1 et -R_2 étant des groupes alkyles.

* **Action des dihalogènes : exemple du dichlore**

Cas de l'éthylène



Cas général

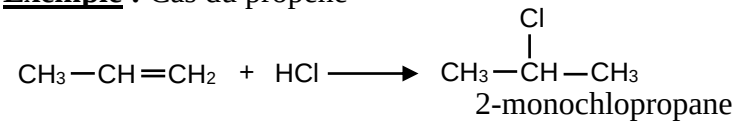


Remarques : Cette réaction appelée **chloruration** peut se produire à l'obscurité. Elle n'est donc pas photochimique contrairement à la chloration des alcanes.
Les alcènes décolorent l'eau de brome, c'est un test caractéristique de la double liaison.

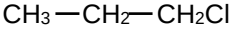
* **Action du chlorure d'hydrogène (HCl)**

Lors de cette réaction, le chlore se fixe préférentiellement sur **le carbone le moins hydrogéné** et l'hydrogène se fixe sur le carbone le plus hydrogéné.

Exemple : Cas du propene



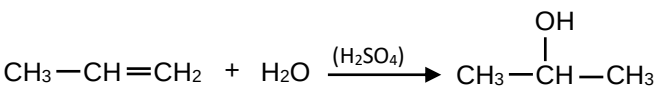
2-monochlopropane

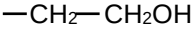
Remarque: Il se forme en faible quantité le 1-monochlopropane 

* **Action de l'eau : reaction d'hydratation**

Lors de cette reaction chimique, le groupe hydroxyle (-OH) se fixe préférentiellement sur **le carbone le moins hydrogéné** et l'hydrogène se fixe sur le carbone le plus hydrogéné.

Exemple: Cas du propène



Remarque : Il se forme en faible quantité le produit : 

Activité d'application

Soient les propositions suivantes:

a. Propène + dibrome ⟶ ……

b. But-1-ène + eau $\xrightarrow{H_2SO_4}$ ……

c. Propène + dihydrogène $\xrightarrow{Ni}$ ……

d. 2,3-diméthylbut-2-ène + chlorure d'hydrogène⟶ …….

Ecris les équation-bilans des reactions correspondantes en remplaçant les noms des produits chimiques par leurs formules semi-développées.

Solution

a. $CH_2{=}CH\text{-}CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_2Br\text{-}CHBr\text{-}CH_3$
1,2-dibromopropane

b. $CH_2{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH_3 + H_2O \longrightarrow CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
Butane-2-ol

c. $CH_2{=}CH\text{-}CH_3 + H_2 \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
propane

d. $CH_3\text{-}C(CH_3){=}C(CH_3)\text{-}CH_3 + HCl \rightarrow CH_3\text{-}CH(CH_3)\text{-}CCl(CH_3)\text{-}CH_3$
2-chloro-2,3-diméthylbutane

3.3.2-Additions sur les alcynes

* **Hydrogénation**

En présence de nickel ou de platine, les alcynes réagissent avec le dihydrogène pour donner un alcane :

$$R_1{-}C{\equiv}C{-}R_2 + 2H_2 \xrightarrow{(Ni\ ou\ Pt)} R_1{-}CH_2{-}CH_2{-}R_2$$

Avec le palladium comme catalyseur, la réaction donne un alcène.

$$R_1{-}C{\equiv}C{-}R_2 + H_2 \xrightarrow{Pd} R_1{-}CH_2{=}CH_2{-}R_2$$

* **Action des dihalogènes : exemple du dibrome**

Les alcynes peuvent réagir avec les dihalogènes selon le bilan suivant :

$$R_1{-}C{\equiv}C{-}R_2 + 2Br_2 \longrightarrow R_1{-}CBr_2{-}CBr_2{-}R_2$$

Exemple : Cas de l'acétylène

$$H{-}C{\equiv}C{-}H + 2Br_2 \longrightarrow Br_2HC{-}CHBr_2$$
1,1,2,2-tétrabromoéthane

* **Action du chlorure d'hydrogène**

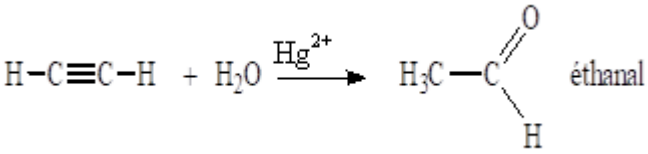
Cette réaction d'addition conduit à la formation d'un dichloroalcane.

Exemple : Cas de l'acétylène

$$H{-}C{-}C{\equiv}C{-}H + HCl \longrightarrow CH_3{-}CHCl_2$$
1,1-dichloroéthane

* **Action de l'eau sur l'acétylène**

L'hydratation de l'acétylène, en présence d'ions mercuriques Hg^{2+}, conduit à l'obtention éthanal.



Activité d'application

Ecris les formules semi-développées des composes manquantsb dans les reactions suivantes :

1-) ……. + $H_2 \xrightarrow{Pd} CH_2=CH-CH_3$

2-) $CH_3-C\equiv C-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Pd}$ ……

3-) . $CH\equiv C-CH_3 + 2H_2 \xrightarrow{Pt}$ ……

4-) . $CH_3-C\equiv CH + 2Br_2 \xrightarrow{Pt}$ ……

Solution

1-) $CH\equiv C-CH_3$
2-) $CH_3-CH=CH-CH_3$;
3-) $CH_3-CH_2-CH_3$;
4-) $CH_3-CBr_2-CHBr_2$

4-REACTIONS DE POLYMERISATION

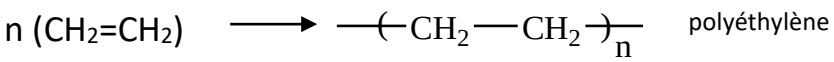
4.1-Définition

On appelle réactions de **polymérisation**, des réactions d'addition de plusieurs molécules identiques. Le composé obtenu est appelé **polymère**, la molécule initiale étant le **monomère**.

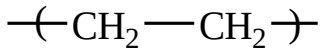
4.2-Quelques exemples de polymérisation et leur utilité

4.2.1-Polymérisation de l'éthylène

Au cours de cette réaction, plusieurs molécules d'éthylène s'additionnent entre elles par suite de **rupture** de la double liaison. On obtient le **polyéthylène** selon l'équation-bilan suivante :



Remarque



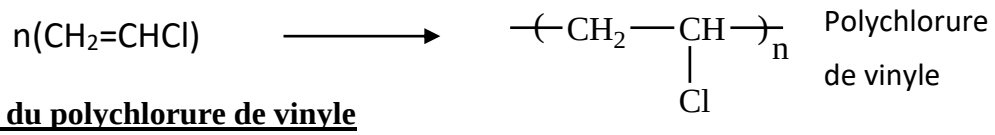
est le motif du polymère et **n** le degré de polymérisation.

* **Usages du polyéthylène**

- sachets et sacs d'emballage;
- jouets, fûts et casiers;
- bouteillesplastiquesetc ….

4.2.2-Polymérisation du chlorure de vinyle

Le chlorure de vinyle ou chloroéthylène (CH_2═$CHCl$) se polymérise en polychlorure de vinyle connu sous le nom de PCV.

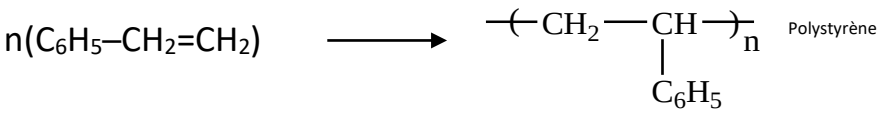


* **Usages du polychlorure de vinyle**

- Tuyauterie et canalisation

4.2.3-Polymérisation du styrène

Le styrène (C_6H_5─CH_2═CH_2) se polymérise pour donner le polystyrène.



* **Usages du polystyrène**

- Emballagesanti-chocs,
- Récipients(pots de yaourt),
- Jouetsetc….

Situation d'évaluation

Au cours d'une séance de travaux dirigés, Le professeur de Physique-Chimie demande à ton groupe de déterminer la formule brute d'un alcyne A afin de vérifier vos acquis. L'analyse quantitative de A montre qu'il admet en proportion en masse 12 fois plus de carbone que d'hydrogène. En outre, l'hydrogénation complète d'un volume V=20 cm^3de A en présence de Nickel donne un alcane B de masse m_B.

Données : M(C)=12 g/mol ; M(H) =1 g/mol ; V_m= 22,4 $L.mol^{-1}$

Tu es le rapporteur du groupe.

1-Donne la formule brute générale des alcynes.

2-Ecris l'équation bilan de la réaction d'hydrogénation d'un alcyne.

3- Détermine:

3-1. la formule brute de l'alcyne A.

3-2.la masse m_B de l'alcane formé.

Solution

1- Formule brute générale des alcynes : C_nH_{2n-2}.

2- $C_nH_{2n-2} + 2\ H_2 \longrightarrow C_nH_{2n+2}$

3- 1L'hydrocarbure contient 12 fois plus de carbone que d'hydrogène en masse :

$m_C = 12m_H$

$12.n = 12.(2n - 2)$; $n = 2n-2$. Il vient que $n = 2$

La formule brute du composé est : C_2H_2 c'est l'acétylène

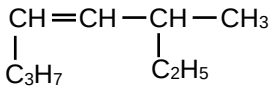
3-1 Détermination de m_B :

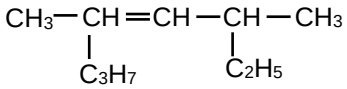
$n_B = n_A \Longrightarrow \frac{V}{Vm} = \frac{m_B}{M_B}$; $m_B = M_B \frac{V}{Vm} = 0{,}023$ g

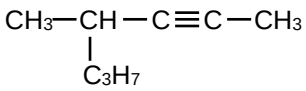
III. EXERCICES

Exercice 1

Nomme les composés suivants :

A- 

B- 

C- 

Solution

A: 3-méthyloct-4-ène ; B: 3-éthyl -5-méthyloct-4-ène ; C: 4-méthylhept-2-yne

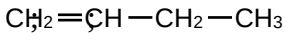
Exercice 2

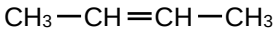
1-Ecris toutes les formules semi-développées des isomères correspondants à la formule C_4H_8.

2-L'isomère ramifié noté B est hydraté et donne essentiellement le corps C.

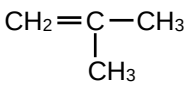
3.Ecris l'équation-bilan de l'hydratation du corps B conduisant au corps C.

Solution

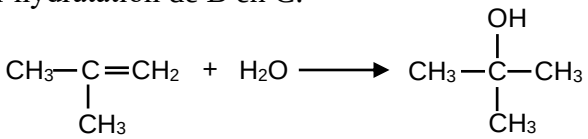
1-  But-1-ène

 But-2-ène

Isomères Z et E

 2-méthylpropène

3.Equation de l'hydratation de B en C.



Exercice 3

Le 1,1-difluoroéthylène peut être polymérisé. La masse molaire du polymère obtenu est M = 85 kg.mol^{-1}.

1. Donne le motif du polymère
2. Détermine le degré de polymérisation n.

Solution

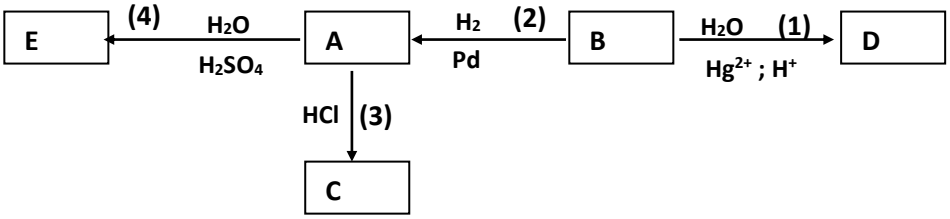
1. Motif : $-\!\!-\!\!-(CH_2 - CCl_2)-\!\!-\!\!-$

2. Degré de polymérisation

$nM = 85000 \Longrightarrow (2 \times 12 + 2 \times 1 + 35{,}5 \times 2)n = 85000 \Longrightarrow 97n = 85000$ donc n = 876

Exercice 4

Ton professeur de physique-Chimie, pour évaluer vos connaissances en chimie met à la disposition de ton groupe d'étude le schema réactionnel ci-dessous où A, B, C, D et E sont des composes organiques. Les reactions chimiques sont représentées par des flèches numérotées de 1 à 5.



B est un alcyne. Sa masse molaire est M_B = 26 g.mol^{-1}.

Etant le rapporteur du groupe, réponds aux questions suivantes:

1-Détermine :

1.1- la formule brute de B.

1.2- sa formule développée

1.3- le nom de B.

2- Donne après analyse du schema réactionnel :

2.1- les noms des réactions (2) et (4);

2.2- les formules semi-développées et les noms des composés A, C, D et E.

3-Ecris l'équation-bilan de la réaction 2 en utilisant le nickel comme catalyseur.

Solution

1-1.1-Formule brute de A

B : C_nH_{2n-2} , M_B= 12n+2n-2 or M_B =26g.mol^{-1}

14n-2 = 26 ; $n = \frac{26+2}{14}$ d'où n = 2 donc la formule brute de B est : C_2H_2 .

1.2- Formule semi-développée : H — C ≡ C — H

1.3- Nom : Acétylène

2- 2.1- Réaction (2) :Hydrogénation .

Réaction (4) : Hydratation

2.2- **A** : $CH_2 = CH_2$: **Éthylène**

C : $CH_3 - CH_2 - Cl$: **chloroéthane**

D : $CH_3-C(=O)-H$ **éthanal**

E: $CH_3 - CH_2 - OH$ **éthanol**

3-Equation-bilan

$$H - C \equiv C - H + 2\,H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3 - CH_3$$

Exercice 5

Afin de vous amener à déterminer la formule semi-développée d'un hydrocarbure A, votre professeur de Physique-Chimie vous fournit les informations suivantes :

- L'hydrocarbure A contient 85,71 % en masse de carbone.
- A l'obscurité, A réagit mole à mole avec le dibrome. Le compose obtenu renferme 74 % en masse de brome.
-L'hydratation de A conduit préférentiellement à l'alcool B. L'hydratation de ses isomères conduit préférentiellement au même alcool C, isomère de B.

Masses molaires atomiques en g/mol: $M_H = 1$; $M_C = 12$; $M_O = 16$; $M_{Br} = 80$

1- A partir de la première information:

1.1-Ecris la formule générale de A.

1.2-Trouve la relation entre le nombre d'atomes de carbone et le nombre d'atomes d'hydrogène présents dans la formule de A.

1.3-Précise la famille de A.

2- A partir de la deuxième information:

2.1-Détermine la formule brute de A.

2.2- Ecris les formules semi-développées possibles pour A.

3- Avec la troisième information:

3.1-Déduis les formules semi-développées des composés A, B et C.

3.2-Donne le nom du composé A.

Solution

1.1- A : C_xH_y

1.2- $M_A = 12x + y$ et $\%C = \frac{12x.100}{12x+y} = 85{,}71 \implies y = 2x$

La formule générale de A est donc de la forme C_xH_{2x} .

$$C_xH_{2x} + Br_2 \longrightarrow C_xH_{2x}Br_2$$

A B

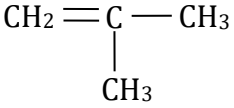
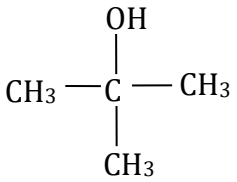
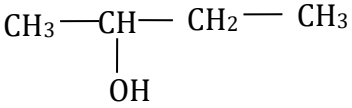
1.3- Le composé A est un alcène.

2.1-

$M_B = 14x + 160$ et $\%Br = \frac{160.100}{14x+160} = 74 \implies x = 4$. D'où la formule de A : C_4H_8

2.2- Formules semi-développées de A :

$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$, $CH_3 - CH = CH - CH_3$, $CH_2 = C(CH_3) - CH_3$

3.1- A  B  C 

3.2- Le composé A est le 2-méthylpropène.

IV. DOCUMENTATION

L'importance de polymères

On peut facilement imaginer l'impact futur de la recherche sur les nouveaux polymères dans la société actuelle. Toute nouvelle technologie, depuis l'avion supersonique et le train à grande vitesse jusqu'aux petites batteries pour téléphones mobiles, en passant par l'optoélectronique, les nouveaux implants chirurgicaux et les tissus synthétiques, requiert le développement d'un grand nombre de matériaux aux propriétés très spécifiques. Sans la recherche et la connaissance des nouveaux polymères (communément appelés plastiques), ces technologies n'auraient pas pu se développer, ni même être imaginées.

Les polymères naturels biodégradables comme l'amidon, la cellulose, l'acide polylactique pour emballage, etc. Compte tenu de l'engagement pour 2030 de génération de « zéro déchets ».
Les biomatériaux pour la régénération des tissus du corps humain à partir de cultures cellulaires « in vitro », à l'aide de supports (généralement un système polymérique poreux et biodégradable) et leur postérieure implantation dans l'organisme. Ainsi que des biomatériaux pour toutes sortes d'implants destinés au corps humain.

Les polymères pour la fabrication d'écrans enroulables (électronique souple). Les polymères nanostructurés qui, associés à d'autres matériaux, pourront être utilisés comme nanocapteurs et comme réponse à différents stimuli. Et la demande de matériaux à base de polymères augmentera pour leur utilisation massive dans le secteur des transports (aéronautique, trains, automobiles…) ainsi que pour leur inclusion dans les systèmes de production d'énergie (aérogénérateurs).
Fort heureusement, pour atteindre tous ces objectifs, la société compte de grands chercheurs spécialisés en polymères, ainsi qu'un important secteur industriel consacré à ces matériaux et des programmes de recherche spécifiques destinés à ce domaine de la science et de la technologie.
Carmen MijangosUgarte Chimiste

Niveau : 1ères CD

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME: CHIMIE ORGANIQUE

TITRE DE LA LECON : PETROLE ET GAZ NATURELS

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le professeur de physique-chimie de la classe de 1ère D_2 du lycée moderne Akpa Gnagne de Dabou demande à ses élèves de faire un exposé ayant pour thème : ''pétrole et gaz naturels''.
Afin de réussir son exposé, chaque groupe d'élèves entreprend de faire des recherches sur le fractionnement, le craquage et le reformage du pétrole brut, puis de montrer l'importance de quelques produits dérivés et leur impact sur l'environnement.

II. CONTENU DE LA LECON

1. Origine et composition du pétrole et des gaz naturels

Le pétrole et les gaz naturels sont formés par la décomposition des matières organiques animales ou végétales. Ces débris se déposent au fond des océans, mers et lacs. Ils constituent les sédiments organiques et s'enfouissent progressivement lors des plissements de l'écorce terrestre. A l'abri de l'oxygène de l'air et sous l'action des bactéries, ces sédiments se décomposent très lentement et se transforment en hydrocarbures ; soit à l'état gazeux (gaz naturels) ou liquide (pétrole)

Le pétrole formé est un mélange essentiellement composé d'hydrocarbures saturés (alcanes), souvent d'hydrocarbures aromatiques mais rarement d'hydrocarbures insaturés. Les gaz naturels, quant à eux, sont à 90% constitués de méthane.

2. Opérations de base de l'industrie du pétrole et des gaz naturels

Le pétrole est un mélange inutilisable à l'état brut. Il faut donc le fractionner par distillation et traiter chimiquement les fractions obtenues par les opérations de craquage et de reformage pour obtenir les produits recherchés. L'ensemble de ces opérations est appelé raffinage.

2.1 Fractionnement du pétrole ou distillation fractionnée

Cette opération consiste à séparer les différents constituants du pétrole selon leurs températures d'ébullition, dans une tour appelée ''colonne à plateaux''.

2.2 Craquage

Cette opération permet de transformer des hydrocarbures lourds en hydrocarbures légers.

2.3 Reformage

Cette opération consiste à modifier la structure d'un hydrocarbure sans modifier son nombre d'atomes de carbone. Cette opération se pratique sur les alcanes des essences légères afin d'améliorer leur indice d'octane (cet indice mesure la résistance à l'autoallumage d'un carburant, c'est-à-dire l'allumage sans l'intervention de la bougie).

3. Utilité de quelques produits dérivés du pétrole

Des produits tels que les carburants, les solvants, les bitumes, les huiles de graissage,… sont utilisés pour le fonctionnement des moteurs, la fabrication de médicaments, de produits agrochimiques, de matières plastiques, de détergents, de fibres synthétiques, …

4. Impact environnemental

Le mauvais transport des produits pétroliers entraîne souvent des pollutions écologiques telles que des marées noires.

SITUATION D'EVALUATION

Ton petit frère en classe de troisième suit un documentaire sur une chaîne d'informations scientifiques. Il apprend à travers ce documentaire les informations suivantes : ''les pétroles sont des huiles naturelles composés d'hydrocarbures et souvent de composés soufrés, oxygénés et azotés. Ils sont donc généralement inutilisables tels qu'ils se présentent à la sortie des puits. Pour ce faire, les pétroles bruts sont raffinés avant d'être mis à la disposition des utilisateurs''.
Il te sollicite pour avoir plus d'informations sur le traitement du pétrole brut et savoir l'importance des produits dérivés du pétrole.

1) Indique trois (03) opérations effectuées au cours du raffinage du pétrole brut.
2) Cite trois (03) produits dérivés du pétrole.
3) Montre l'importance de ces produits pour les consommateurs.

Corrigé

1. Le fractionnement, le craquage et le reformage
2. Les carburants, les dégraissages des métaux, les matières plastiques.
3. les carburants fournissent l'énergie nécessaire pour le fonctionnement des moteurs, les dégraissages des métaux permettent d'éliminer les graisses, les matières plastiques sont largement utilisées comme mobilier domestiques, emballages, tuyauteries etc.

IV. EXERCICES

Exercice 1
1-Explique le fractionnement du pétrole brut.
2-Dis pourquoi cette opération doit avoir lieu.

Solution
1- Le fractionnement consiste à séparer les différents constituants du pétrole selon leurs températures d'ébullition, dans une tour appelée ''colonne à plateaux''.
2- Le pétrole est un mélange inutilisable à l'état brut. Le fractionnement a pour but de le transformer en produits utilisables.

Exercice 2

1-Cite quelques produits dérivés du pétrole.

2-Indique l'impact de quelques produits dérivés du pétrole sur l'environnement.

Solution

1- Les carburants, les insecticides, les produits phytosanitaires.

2- Les combustibles détruisent la couche d'ozone par la production du dioxyde de carbone les insecticides et les produits phytosanitaires polluent l'environnement et appauvrissent les sols.

Exercice 3

Classe les produits de la liste suivante selon les deux catégories : produits dérivés du pétrole et autres produits ; Ethylène ; nitroglycérine ; bitume ; gasoil ; hexachlorocyclohexane ; essence ; acide sulfurique ; carburant turboréacteur ; alcool éthylique ; butane ; propane ; acide nitrique.

Produits dérivés du pétrole	Autres produits

Solution

Produits dérivés du pétrole	Autres produits
Bitume; gasoil; essence; carburant turboréacteur ; éthylène ;butane ;propane ;hexaclhorocyclohexane ; nitroglycérine	Acide sulfurique ; acide nitrique ; alcool éthylique

Exercice 4

Lors de la visite d'une usine de traitement de pétrole sous la conduite de votre Professeur de physique-chimie, vous apprenez que le craquage du butane donne lieu à deux réactions :

- La première conduisant à la formation du méthylpropène et du dihydrogène pour 60%.
- La seconde à la formation du propène et de méthane pour 40%.

De retour en classe, le Professeur vous demande de déterminer les pourcentages en masse des produits de craquage obtenus.

Données : M_C =12 g/mol ; M_H =1g/mol

1- Définis le craquage.

2- Indique d'autres opérations de traitement du pétrole.

3- Ecris :

3-1. les formules semi-développées du butane, du méthylpropène et du propène.

3-2. les équations-bilans des réactions précédentes.

4-Détermine le pourcentage en masse des produits du craquage.

Solution

1 Le craquage permet de transformer des hydrocarbures lourds en hydrocarbures légers.

2 Le reformage, la distillation fractionnée

3.

3.1. Formules semi développées

Butane : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$; Méthylpropène : $CH_3 - C(CH_2) = CH_2$;

Propène : $CH_3 - CH_2 = CH_2$;

3.2. Equations bilans

- $C_4H_{10} \longrightarrow C_4H_8 + H_2$
- $C_4H_{10} \longrightarrow C_3H_6 + CH_4$

4- Le méthylpropène (56 × 60) / 58 = 57,93% en masse

Le dihydrogène (2 × 60) / 58 = 2,07% en masse

Le propène (42 × 40) / 58 = 28,96% en masse

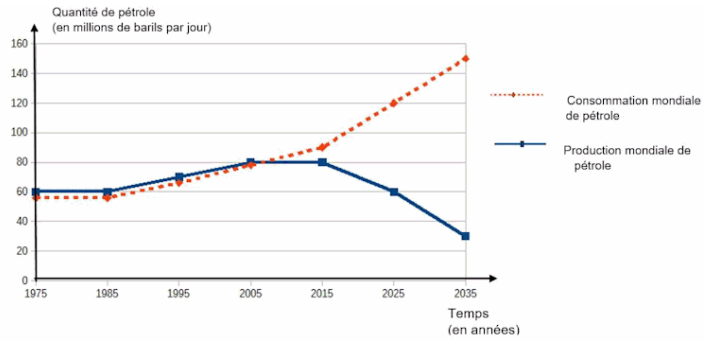
Le méthane (16 × 40) / 58 = 11,03% en masse

IV- DOCUMENTATION

Utilisation du pétrole dans notre quotidien

- **D'où vient notre pétrole actuel ?**

Le pétrole est **surconsommé**. Dans le monde entier, le pétrole est énormément exploité alors que cette ressource est **non-renouvelable**, c'est-à-dire que le pétrole peut être extrait du sol au niveau des gisements mais celui-ci met plusieurs millions d'année à se former. L'extraction de pétrole est donc trop lente pour satisfaire les besoins des populations. On sait qu'aujourd'hui la **consommation est supérieure à la production**. Il existe des réserves mondiales de pétrole, les hommes puisent donc dedans pour compenser le manque de production. Mais ces réserves ne sont pas illimitées et sont de plus en plus vide. Elles seront vides dans quelques dizaines d'année.



– A quoi sert le pétrole ?

Le pétrole, aujourd'hui, nous sert principalement pour les **carburants** pour les transports aériens, routiers, ou même marins. Cette ressource fossile nous sert aussi à créer une quantité impressionnante de **plastique**.

Une majorité, soit environ 99%, des matières plastiques et des textiles (nylons, polyesters, etc.) sont issus de la **pétrochimie**. La pétrochimie permet aussi de produire des **détergents, des caoutchoucs, des adhésifs et même des médicaments**. Le plastique est omniprésent, par exemple dans les **emballages, dans le numérique, dans les jouets, publicité** (panneaux), etc.

Les GPL ou Gaz de Pétrole Liquéfié (butane, propane), issus du raffinage du pétrole, sont utilisés en bouteilles pour la **cuisson des aliments** ou le **chauffage domestique**, donc une consommation importante de la population. Le fioul, qui est également issu du raffinage, est encore beaucoup utilisé pour le

chauffage.

Les centrales thermiques à fioul produisent environ 5% de **l'électricité** mondiale. L'électricité est indispensable pour la vie quotidienne. La population consomme donc beaucoup de fioul pour produire de l'électricité.

Le secteur de la **construction routière** utilise 90% de la production mondiale de bitume, produit à partir de pétrole. Par ailleurs, les engins de travaux publics utilisent aussi du gazole pour fonctionner et créer le réseau routier.

Les secteurs primaires tels que **l'agriculture ou la pêche** consomment aussi du pétrole. De nombreux engrais et pesticides sont issus de transformations pétrochimiques et les machines agricoles fonctionnent souvent au fioul ou gazole donc à partir de pétrole. Les bateaux de pêche eux aussi fonctionnent au gazole.

Le pétrole est donc omniprésent dans nos vies. Nous l'utilisons souvent transformer sans nous rendre compte.

Niveau : 1ères CD

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THÈME : CHIMIE ORGANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : QUELQUES COMPOSES OXYGÈNES

I. Situation d'apprentissage

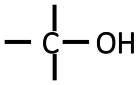
Un élève en classe de 1ère C au Lycée Moderne Tiapani de Dabou échange avec son frère ainé qui est étudiant en chimie. Il apprend qu'il existe des composés organiques dits oxygénés qui jouent un rôle très important en chimie. Le lendemain, il informe ses camarades de classe. Voulant en savoir davantage, les élèves décident de connaître les formules générales de quelques composés organiques oxygénés, d'en nommer quelques-uns et d'écrire leurs formules semi-développées.

II. Contenu de la leçon

1. Alcools

1.1. Définition et formule brute générale

Un alcool est un composé organique dans lequel un groupe hydroxyle ─OH est fixé sur un atome de carbone tétragonal. Ce carbone est dit carbone fonctionnel. D'où le **groupe fonctionnel** :



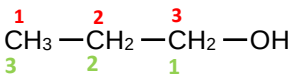
La formule brute générale d'un alcool à chaîne carbonée saturée contenant n atomes de carbone est **$C_nH_{2n+2}O$.**

1.2-Règle de nomenclature

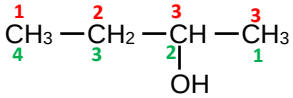
La nomenclature des alcools est semblable à celle des alcanes : le **''e''** final du nom de l'alcane analogue étant remplacé par le **''ol ''** précédé de l'indice de position du carbone fonctionnel si cela est nécessaire.

L'indice de position doit être le plus bas possible lors de la numérotation de la chaîne principale.

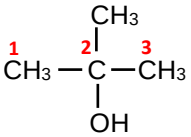
Exemples :



Propan-1-ol



butan-2-ol



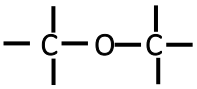
2-méthylpropan-2-ol

2. Éthers-oxydes

2.1-Définition et formule brute

Les éthers-oxydes sont des composés organiques dans lesquels un atome d'oxygène est directement lié à deux atomes de carbone tétragonaux.

D'où le **groupe fonctionnel** :



On peut les représenter par la formule générale: $\mathbf{R_1 - O - R_2}$ où R_1 et R_2 sont des groupes alkyles.

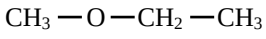
Les éthers-oxydes, contenant n atomes de carbone, ont pour formule brute générale : $\mathbf{C_nH_{2n+2}O}$.

2.2-Règle de nomenclature

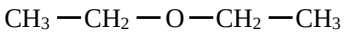
Le nom d'un éther-oxyde peut être formé de deux façons :

- soit en faisant suivre le mot oxyde par les noms des deux groupes alkyles liés à l'atome d'oxygène par ordre alphabétique ;
- soit en remplaçant la terminaison ''**yle**'' du nom du plus petit groupe alkyle par ''**oxy**'' suivi du nom de l'alcane correspondant à l'autre groupe alkyle.

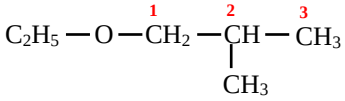
Exemples :



oxyde d'éthyle et de méthyle
(méthoxyéthane)



Oxyde de diéthyle
(éthoxyéthane)

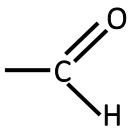


Oxyde d'éthyle et de 2-méthylepropyle

(Éthoxy-2-méthylpropane)

3. Aldéhydes

3.1-Définition et formule brute générale

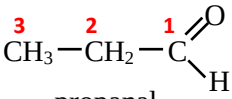
Ce sont des composés organiques qui possèdent le **groupe fonctionnel:** 

Le carbone lié à l'atome d'oxygène par une double liaison est dit carbone fonctionnel.

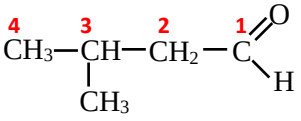
La formule brute générale des aldéhydes contenant n atomes de carbone est : $\mathbf{C_nH_{2n}O}$.

3.2-Règle de nomenclature

Le nom d'un aldéhyde dérive de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le **"e"** final par la terminaison **"al"**. La chaîne carbonée se numérote toujours à partir du carbone du groupe fonctionnel.

Exemples : 

propanal

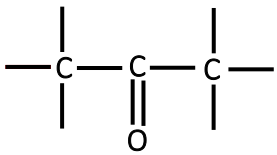


3-méthylbutanal

4. Cétones

4.1-Définition et formule brute

Ce sont les composés organiques dont la molécule renferme le groupe fonctionnel.

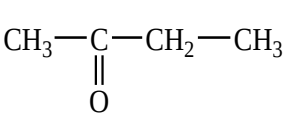


La formule brute générale des cétones est : $\mathbf{C_nH_{2n}O}$.

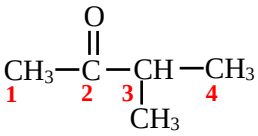
4.2-Règle de nomenclature

Le nom d'une cétone dérive de celui de l'alcane analogue en remplaçant le "**e**" final par la terminaison "**one**" précédé de l'indice de position du carbone fonctionnel dans la chaine principale.
On numérote la chaîne principale de manière à attribuer le plus petit indice possible au carbone fonctionnel.

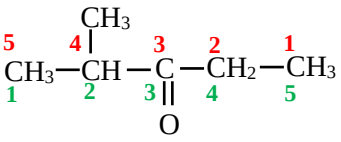
Exemples :



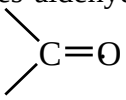
butan-2-one



3-méthylbutan-2-one



3-méthylpentan-3-one

Remarque : Les aldéhydes et les cétones ont en commun un groupe caractéristique appelé groupe carbonyle. 

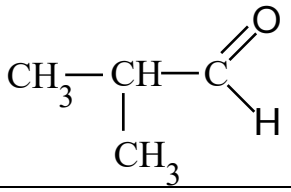
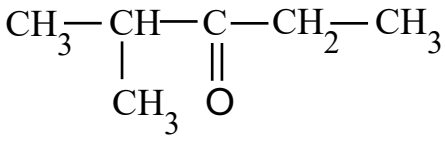
On les appelle composés carbonylés.

Activité d'application

Ecris les formules semi-développées des composés suivants :

1) Propan-1-ol ;
2) 2-méthylbutanal;
3) Oxyde d'éthyle et de propyle;
4) 2-méthylpentan-3-one.

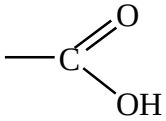
Solution :

1) Propan-1-ol $CH_3 –CH_2 –CH_2–OH$	**2) 2–méthylbutanal** 
3) Oxyde d'éthyle et de propyle $CH_3 –CH_2 –O –CH_2 –CH_2 –CH_3$	**4) 2-méthylpentan-3-one** 

5. Acides carboxyliques

5-1. Définition et formule brute

On appelle acides carboxyliques, les composés organiques comportant le groupe carboxyle :



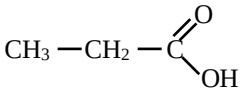
Leur formule générale s'écrit : **R-COOH** où R est un radical alkyle ou un atome d'hydrogène.
La formule brute générale des acides carboxyliques à chaîne carbonée saturée contenant n atome de carbone est : $\mathbf{C_nH_{2n}O_2}$.

5.2-Règle de nomenclature

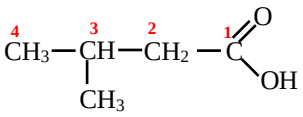
On nomme un acide carboxylique en remplaçant le ″**e**″ final de l'alcane correspondant par la terminaison‘’**oïque’’**, l'ensemble étant précédé du mot acide.

On numérote la chaîne principale à partir du carbone du groupe carboxyle.

Exemples :



Acide propanoïque

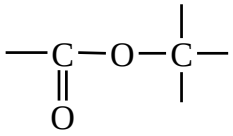


Acide 3-méthylbutanoïque

6. Esters

6.1-Définition et formule brute

Les esters sont des composés organiques dont la molécule comporte le groupe fonctionnel :



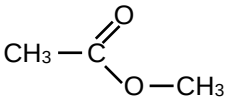
Leur formule brute est $\mathbf{C_nH_{2n}O_2}$.

6.2-Nomenclature

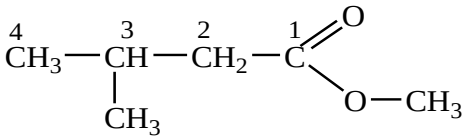
Le nom d'un ester comporte deux termes relatifs aux chaînes carbonées contenues dans la molécule :

- le premier terme qui se termine par le suffixe ‘**’oate** ‘’est nommé comme dérivant d'un acide carboxylique.
- le second terme est le nom du groupe alkyle lié par simple liaison covalente au 2ème atome d'oxygène.

Exemples :



Éthanoate de méthyle



3-méthylbutanoate de méthyle

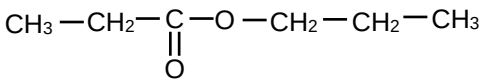
Activité d'application

Ecris les formules semi-développées des composés suivants :

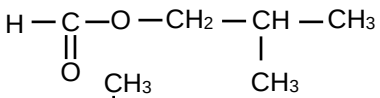
1) Propanoate de propyle ;
2) Méthanoate de 2 – méthylpropyle ;
3) Acide 3,3 – diméthylbutanoïque.

Solution

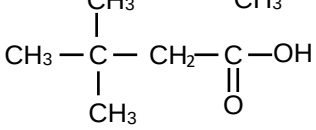
1- Propanoate de propyle



2-Méthanoate de 2 – méthylpropyle



3- Acide 3,3 – diméthylbutanoïque



7. Intérêt général des composés oxygénés

- Les alcools et les éther-oxydes sont des solvants et sont utilisés en médecine comme désinfectants. L'éthanol contenu dans les boissons alcoolisées, est aussi utilisé comme biocarburant.
- Les aldéhydes et cétones sont des solvants beaucoup utilisés en parfumerie. Le formol, aldéhyde particulier, est utilisé pour la conservation des corps…
- Les acides carboxyliques sont utilisés dans l'alimentation : Exemples acide citrique dans le citron, l'acide éthanoïque dans le vinaigre….
- Les esters présents dans les arômes naturels et corps gras sont utilisés dans la parfumerie et dans la savonnerie.

Situation d'évaluation

Dans le but de déterminer la formule brute d'un composé organique présent au laboratoire de chimie de ton établissement, le professeur donne à ton groupe les informations suivantes sur ce composé :

- La formule brute du composé est de la forme $C_xH_{2x}O_2$;
- Il contient en masse 36,36% d'oxygène;
- Il a un atome de carbone fonctionnel fixé à un seul atome d'hydrogène;
- Sa chaine carbonée est ramifiée.

Tu es le rapporteur du groupe.

On donne : masses molaires atomiques (en g/mol): M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(O) = 16.

1- Rappelle la formule générale brute des acides carboxyliques ou des esters.
2- Écris la masse molaire M du composé en fonction de x.
3- Détermine la valeur de x et écris la formule brute du composé.
1- Déduis-en la formule semi-développée et le nom du composé organique.

Solution

1- Formule générale des acides carboxyliques ou des esters : $C_xH_{2x}O_2$

2- Masse molaire M du composé en fonction de x :

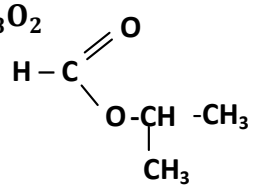
$M = 14x + 32$

3- Valeur de x :

$\%O = \frac{3200}{M}$; $M = \frac{3200}{\%O} = 88$ g/mol $= 14x + 32$; $x = \frac{88-32}{14} = 4$

Formule brute du composé : $\mathbf{C_4H_8O_2}$

4- Formule semi-développée :



Nom : **méthanoate d'isopropyle.**

III. EXERCICES

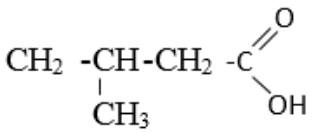
Exercice1

Écris les formules semi-développées des composés oxygénés suivants :

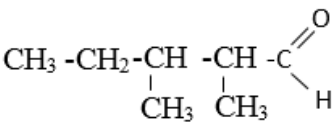
A- Acide 3-méthylbutanoique
B- 2,3-diméthylpentanal
C- 3-éthylpentanoate de 1-méthylpropyle.
D- 3,4-diméthylheptan-4-ol

Solution

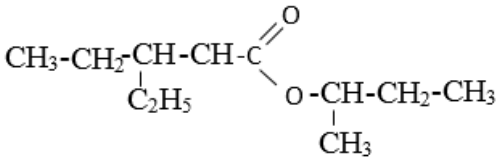
A-



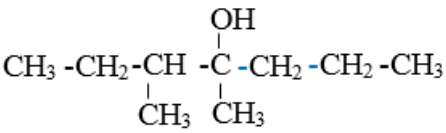
B-



C-



D-



Exercice 2

La formule brute d'un composé organique oxygéné est : C_3H_8O.

1. Propose toutes les formules semi-développées possibles.
2. Nomme chacune.

Solution

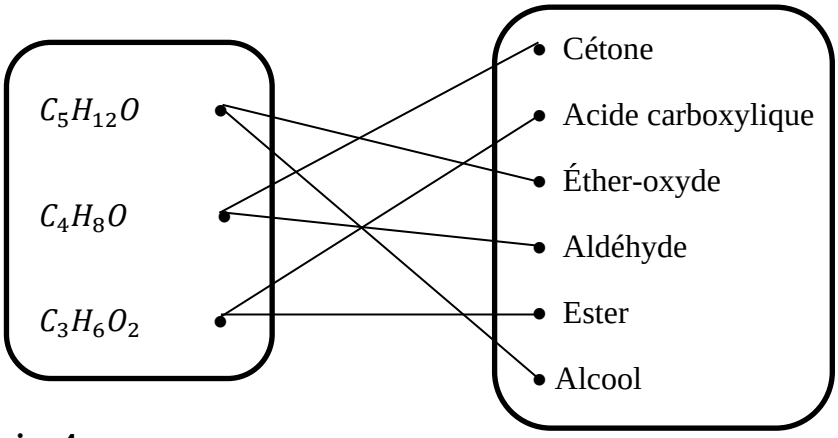
1. et 2. $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$ Propan-1-ol ; $CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}CH_3$ Propan-2-ol ; $CH_3\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_3$ Oxyde d'éthyle et de méthyle

Exercice 3

Relie chaque les formules brutes aux familles de composés correspondant :

$C_5H_{12}O$ •	• Cétone
C_4H_8O •	• Acide carboxylique
$C_3H_6O_2$ •	• Éther-oxyde
	• Aldéhyde
	• Ester
	• Alcool

Solution



Exercice 4

Pour préparer la fête de Noël, Akoua, une élève en classe de 1ère D achète au supermarché un sachet contenant une poudre cristallisée de couleur verdâtre afin de parfumer son sirop.
Sur le sachet est écrit :
- Arôme d'ananas, masse molaire M = 116 g/mol,
- pourcentage en masse : 27,6 % d'oxygène, 10,3 % d'hydrogène et 62,1 % de carbone.

Ces inscriptions qui rappellent des notions étudiées en classe attirent l'attention de Akoua.
En outre ce composé est formé à partir d'acide butanoïque.

Elle te sollicite pour l'aider à déterminer la formule brute de ce composé.

Données

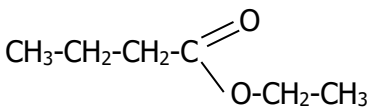
Masses molaires suivantes : M_C =12 g/mol, M_H =1 g/mol et M_O =16 g/mol

1- Indique la fonction chimique du composé en poudre.
2- Détermine la formule brute de ce composé.
3- Ecris la formule semi-développée de ce composé et nomme-le.

Corrigé

1- Le composé est un ester.
2- Soit $C_xH_yO_z$ la formule brute de ce composé.
M_C = 62,1 % . M $\Longrightarrow$ 12.x = 62,1 x 116 / 100 $\Longrightarrow$ x = 6.
M_O = 27,6 % . M $\Longrightarrow$ 16.z = 27,6 x 116 / 100 $\Longrightarrow$ x = 2.
M_H = 10,3 % . M $\Longrightarrow$ 1.y = 10,3 x 116 / 100 $\Longrightarrow$ y = 12.
La formule brute est $C_6H_{12}O_2$.

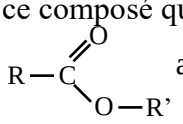
3- Formule semi-développée.



Butanoate d'éthyle

Exercice 5

En visite dans une usine de fabrique de produits alimentaires, sous la conduite de votre professeur de Physique-Chimie, vous êtes impressionnés par une odeur agréable qui se dégage. Le guide vous apprend que le corps chimique responsable de cette odeur fruitée caractéristique est un composé organique oxygéné de densité de vapeur d=4,48, utilisé aussi comme solvant ou diluant pour les peintures, vernis et parfums.

De retour en classe, et pour vérifier vos acquis, le professeur vous demande de déterminer la formule brute et la formule semi-développée de ce composé qu'il nomme A. Il vous indique pour ce faire que ce composé a pour formule générale :  avec - R' groupe alkyle non ramifié possédant 5 atomes de carbone.

1- Donne :

1.1-la famille chimique du composé A.

1.2- la formule brute générale de A comportant **n** atomes de carbone.

2-Détermine la formule brute de A.

3-Déduis-en sa formule semi-développée.

4-Nomme le composé A.

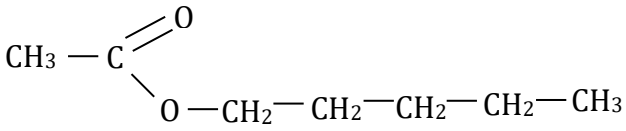
Solution

1.1- Le composé A appartient à la famille des esters.

1.2- La formule brute générale A est $C_nH_{2n}O_2$.

2- $C_nH_{2n}O_2$: $M_A = 14n + 32 = 29d = 130 \Longrightarrow n = 7$. D'où la formule brute de A : $C_7H_{14}O_2$

3-



4- Ethanoate de pentyle.

IV. DOCUMENTATION

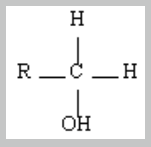
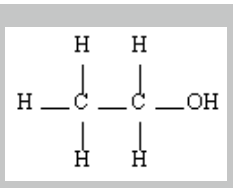
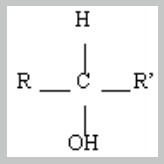
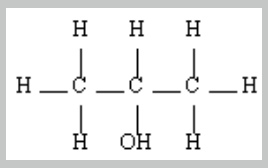
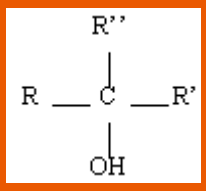
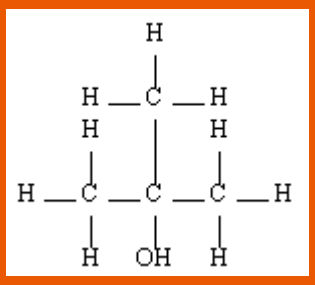
Un composé oxygéné est un corps pur organique dont la molécule comporte au moins un atome d'oxygène.
On appelle fonction organique un groupement d'atomes de carbone, oxygène et hydrogène d'une molécule qui sont agencés d'une certaine façon et qui ont des propriétés identifiables. La nomenclature chimique utilise les fonctions contenues par un molécule pour déterminer son nom.

D'une manière synthétique, la nomenclature utilise le nom de l'alcane que constitue la chaîne carbonée et lui ajoute un suffixe qui traduit la fonction organique portée par la molécule.

Les alcools

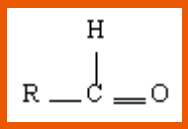
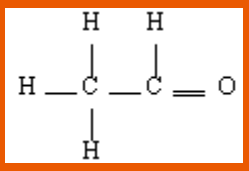
Les alcools sont identifiables grâce à la fonction organique alcool. Elle consiste en un groupe -OH lié à l'un des carbones de la chaîne carbonée d'un alcane. En réalité, il y a trois classes d'alcools. On les distingue en fonction du nombre de groupes alkyles auxquels il est lié.

Le tableau de synthèse

Formule générale	Classe	Exemple	Nom
	Primaire		Ethanol
	Secondaire		Propan-2-ol
	Tertiaire		Méthyl-propan-2-ol

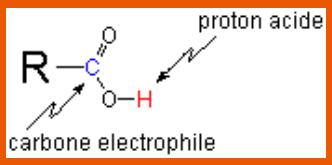
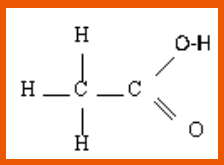
Les aldéhydes

Leur groupe fonctionnel présente de graves risques de confusion avec le groupement carboxylique. Il convient de bien y prêter attention.

		Ethanal
Formule générale développée	**Exemple**	**Nom**

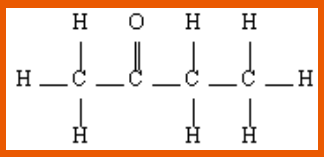
Les acides carboxyliques

Ils ont un groupement fonctionnel assez proche de celui des aldéhydes.

		Acide éthanoïque
Formule générale développée	**Exemple**	**Nom**

Les cétones

Leur groupement fonctionnel consiste en un atome d'oxygène lié à un carbone de milieu de chaîne par une double liaison.

		Butanone
Formule générale développée	**Exemple**	**Nom**

OXYDATION MÉNAGÉE DES ALCOOLS

On a déjà pu étudier la signification du terme d'oxydation et les particularités de la réaction qu'il recouvre. Dans le cas précis de l'oxydation des alcools, il faut noter que l'on parle d'oxydation ménagée parce qu'il n'y a pas de rupture des liaisons entre les atomes de carbones. Ces liaisons sont maintenues aussi ne parle-t-on pas d'une réaction complète puisque la destruction de ces liaisons n'a pas lieu.
Il s'agit d'une réaction ménagée parce qu'elle conserve le squelette carboné de la molécule.
La classe de l'alcool qui subit l'oxydation ménagée va déterminer la nature de ses produits :

- les alcools tertiaires ne peuvent pas subir d'oxydation ménagée.
- L'oxydation ménagée des alcools primaires et secondaires peut se faire par trois moyens :
  - Par un oxydant en milieu acide (par exemple le permanganate de potassium)
  - Par le dioxygène de l'air en présence d'un catalyseur.
  - Par déshydrogénation sur du cuivre ou du platine en présence d'un catalyseur.

On arrive à des résultats différents selon la classe de l'alcool qui a été utilisé comme réactif. Certains des produits d'une oxydation ménagée peuvent eux-mêmes subir une réaction d'oxydation ménagée. C'est notamment cette propriété qui nous permettra de tester le produit de la première oxydation ménagée et donc d'en déduire la classe de l'alcool qui l'a subie.

Primaire	Aldéhyde	Acide carboxylique
Secondaire	Cétone	Pas d'oxydation ménagée des cétones
Tertiaire	Pas d'oxydation ménagée des alcools tertiaires	
Classe de l'alcool	**Produit de son oxydation**	**Produit de l'oxydation du produit de son oxydation**

Niveau : 1ères CDE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THÈME : CHIMIE ORGANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : L'ÉTHANOL

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le cadre des activités du club scientifique, les élèves de la 1ère C du lycée Scientifique de Yamoussoukro se rendent sur un chantier de fabrication de boisson traditionnelle appelée communément « KOUTOUKOU ». Ils observent les installations depuis le fût de vin de palme jusqu'au vase de recueillement de la boisson. Ils apprennent par la même occasion que le « KOUTOUKOU » contient une dose importante d'éthanol. Émerveillés par cette visite, ils décident en classe d'expliquer les procédés d'obtention de l'éthanol, d'identifier les produits de son oxydation et d'exploiter les équation-bilans de son oxydation et de sa combustion.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Obtention de l'éthanol

1.1. Fermentation des jus sucrés

L'éthanol est obtenu par fermentation des jus sucrés tels que le vin, la bière … etc.

En effet le glucose contenu dans certains composés peut se transformer en éthanol sous l'action des enzymes selon l'équation-bilan :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$$

1.2. Par hydratation de l'éthylène

L'hydratation de l'éthylène en présence d'acide sulfurique (H_2SO_4) comme catalyseur conduit à la formation de l'éthanol selon l'équation-bilan :

$$H_2C = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} H_3C - CH_2 - OH$$

2. Propriétés chimiques de l'éthanol

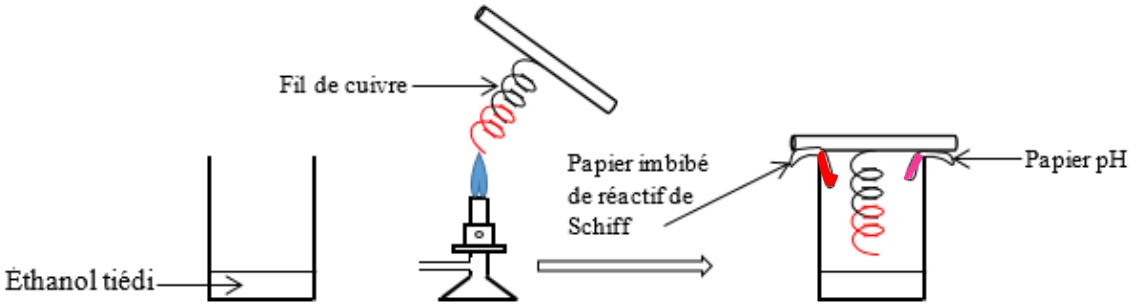
2.1. Combustion dans l'air

La combustion de l'éthanol dans le dioxygène de l'air donne de l'eau et du dioxyde de carbone.

$$CH_3 - CH_2 - OH + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O$$

2.2. Oxydations ménagées : la lampe « sans flamme »

2.2.1. Expérience et observations



- Le cuivre reste incandescent
- Le papier imbibé de réactif de Schiff devient rose.

- Le papier pH devient rouge.

2.2.2. Interprétation

- Le fil de cuivre (catalyseur) incandescent (lampe sans flamme), indique que la réaction est très exothermique ;
- La coloration du réactif de Schiff en rose indique la formation d'un aldéhyde : l'éthanal ;
- La coloration rouge du papier pH indique la formation d'un composé acide (pH < 7) : l'acide éthanoïque.

2.2.3. Conclusion

En présence de cuivre, l'éthanol gazeux réagit avec le dioxygène de l'air pour donner l'éthanal puis l'acide éthanoïque selon les équations-bilans suivantes:

$$CH_3 - CH_2 - OH + \frac{1}{2}\,O_2 \xrightarrow{Cu} CH_3 - C\overset{O}{\underset{H}{<}} + H_2O$$

$$CH_3 - C\overset{O}{\underset{H}{<}} + \frac{1}{2}\,O_2 \xrightarrow{Cu} CH_3 - C\overset{O}{\underset{OH}{<}}$$

Cette réaction est exothermique.

Remarque: l'oxydation ménagée conserve la chaîne carbonée.

3. Dangers liés à la consommation de l'alcool

L'éthanol contenu dans la plupart des boissons alcoolisées est dangereux à forte dose.
La consommation excessive d'alcool peut entraîner des troubles de mémoire et certaines maladies telles que le diabète, la cirrhose de foie.
Aujourd'hui, les agents de surveillance de circulation routière réalisent des tests appelés alcootest pour déceler l'excès d'éthanol dans l'organisme de certains conducteurs de véhicule.

Situation d'évaluation

Pour préparer ses élèves à un concours, leur professeur de physique-chimie leur demande de déterminer les produits d'oxydation d'un alcool A dont la masse molaire est $M_A = 46\ g.\ mol^{-1}$. Il les informe que l'oxydation de A dans le dioxygène de l'air, en présence de cuivre porté à incandescence, donne un composé B qui rosit le réactif de Schiff et qui s'oxyde ensuite en un composé C qui colore en rouge un papier indicateur de pH.

Données:

$\mathrm{M(C)} = 12\ \mathrm{g/mol}$; $\mathrm{M\ (H)} = 1\ \mathrm{g/mol}$; $\mathrm{M\ (O)} = 16\ \mathrm{g/mol}$.

Tu fais partie de la classe.

1.
   1.1 Donne la formule brute d'un alcool en fonction du nombre n d'atome de carbone.
   1.2 Détermine la formule brute, la formule semi-développée et le nom de A.
2. Cite deux méthodes par lesquelles tu peux préparer A.
3. Déduis-en les formules semi-développées et les noms des composés B et C.
4. Écris les équations-bilans des réactions conduisant à la formation de B et C.

Corrigé

1.

1.1) Formule brute: $C_nH_{2n+2}O$

1.2) Formule brute de A

$M_A = 14n + 18 \Longrightarrow \ n = \dfrac{M_A - 18}{14} = \dfrac{46 - 18}{14} = 2$

La formule brute de A est donc C_2H_6O , sa formule semi-développée est $CH_3 - CH_2 - OH$

Son nom est: éthanol

2. Méthodes de preparation de A

-La fermentation des jus sucrés (vin de palme)

-L'hydratation de l'éthylène.

3. Formules semi-développées et noms des composés B et C

B est l'éthanal (il rosit le réactif de Schiff) de formule semi-développée $CH_3 - C(=O)H$

C est l'acide éthanoïque de formule semi-développée $CH_3 - C(=O)OH$

4. Équations-bilans

$CH_3–CH_2OH + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow{Cu} CH_3–CHO + H_2O$

$CH_3–CHO + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow{Cu} CH_3–COOH$

III. EXERCICES

Exercice1

Donne la formule semi-développée et le nom des composés A, B et C de la suite de réaction ci-dessous :

A + H_2→ éthylène

éthylène + H_2O → B

B + O_2 → C + H_2O

C + O_2 → D (acide éthanoïque) + H_2O

Solution

A : $CH \equiv CH$ (acétylène) ; B : $CH_3 - CH_2 - OH$ (éthanol); C : $CH_3 - C(=O)H$: éthanal

D : $CH_3—C(=O)OH$: acide éthanoïque

Exercice 2

Un composé organique A de formule brute $C_nH_{2n}O$ a été oxydé par le dioxygène de l'air en excès, en présence de cuivre incandescendant pour donner un acide carboxylique C de masse molaire M = 60g/mol.

1-Détermine la formule semi-développée de l'acide C.

2-Déduis la fonction chimique, la formule semi développée et le nom de corps A.

Solution

1) Formule semi-développée

$M_C = M(C_nH_{2n}O_2) = 14n + 32 \Longrightarrow \ n = \dfrac{M_C - 32}{14} = \dfrac{60 - 32}{14} = 2$

La formule brute de C est $C_2H_4O_2$ et sa formule semi-développée est donc : $CH_3 - C(=O)OH$

2) A est un aldéhyde de formule semi-développée :

$CH_3 - C(=O)H$

Nom : éthanal

Exercice 3

L'éthanol peut subir plusieurs transformations chimiques.

1-L'oxydation ménagée de l'éthanol permet de :

a) conserver sa chaîne carbonée;
b) détruire sa chaîne carbonée;
c) transformer sa chaîne carbonée en cycle.

2-La combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène permet de :

a) conserver sa chaîne carbonée
b) détruire sa chaîne carbonée
c) produire de l'eau et du monoxyde de carbone.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

Solution

1-L'oxydation ménagée de l'éthanol permet de :

a) conserver sa chaine carbonée;
b) détruire sa chaine carbonée;
c) transformer sa chaine carbonée en cycle.

2-La combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène permet de :

a) conserver sa chaine carbonée
b) détruire sa chaine carbonée
c) produire de l'eau et du monoxyde de carbone.

Exercice 4

Votre professeur de physique-chimie vous informe que parmi les alcools, il en existe un très utile dans l'industrie pharmaceutique. Ses propriétés lui permettent de servir de solvant organique. Il vous demande de déterminer la formule semi-développée de cet alcool à partir des informations suivantes :

- l'alcool est saturé;
- son oxydation par le dioxygène de l'air donne un composé organique A de formule brute $C_2H_4O_2$.

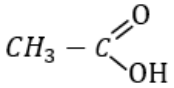
1-Précise le type d'oxydation utilisé.

2-Écris la formule semi-développée et le nom du corps A.

3-Déduis-en la formule semi-développée et le nom de cet alcool.

Solution

1) Type d'oxydation : oxydation ménagée
2) Formule semi-développée et nom de A



Acide éthanoïque

3) Formule semi-développée et nom de l'alcool
$CH_3 - CH_2 - OH$: Éthanol

Exercice 5

Au cours d'une séance de travaux pratique au lycée, le professeur de Physique Chimie demande aux différents groupes d'élèves d'étudier la réaction de combustion complète de l'éthanol. Pour cela, les élèves réalisent la combustion complète de 4,5g d'éthanol dans du dioxygène.

Données: masses molaires atomiques en g/mol : M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(O) = 16.

Le volume molaire gazeux vaut $V_m = 22{,}4\ L/mol$.

Tu es le rapporteur de ton groupe

1- Nomme les produits obtenus.

2-Ecris l'équation-bilan de la réaction chimique.

3-Détermine le volume de dioxygène nécessaire pour cette combustion.

4-Détermine les masses respectives des produits obtenus.

Corrigé

1) Produits : dioxyde de carbone et l'eau
2) Équation-bilan de la réaction

   $C_2H_6O + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 3\ H_2O$
3) Volume de dioxygène

   Bilan molaire : $n_{C_2H_6O} = \dfrac{n_{O_2}}{3}$

   $\Longrightarrow \dfrac{m_{C_2H_6O}}{M_{C_2H_6O}} = \dfrac{V_{O_2}}{3V_m} \Longrightarrow V_{O_2} = \dfrac{3V_m \times m_{C_2H_6O}}{M_{C_2H_6O}} = \dfrac{3 \times 22{,}4 \times 4{,}5}{12 \times 2 + 6 + 16} = 6{,}57L$
4) Masses des produits

Bilan molaire : $n_{C_2H_6O} = \dfrac{n_{CO_2}}{2} = \dfrac{n_{H_2O}}{3}$

$\Longrightarrow\ n_{CO_2} = 2n_{C_2H_6O} \Longrightarrow \dfrac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}} = \dfrac{2m_{C_2H_6O}}{M_{C_2H_6O}} \Longrightarrow m_{CO_2} = \dfrac{2m_{C_2H_6O}}{M_{C_2H_6O}} \times M_{CO_2} = \dfrac{2 \times 4{,}5 \times 44}{46} = 8{,}61\ g$

$\Longrightarrow n_{H_2O} = 3n_{C_2H_6O} \Longrightarrow \dfrac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \dfrac{3m_{C_2H_6O}}{M_{C_2H_6O}} \Longrightarrow m_{H_2O} = \dfrac{3m_{C_2H_6O}}{M_{C_2H_6O}} \times M_{H_2O} = \dfrac{3 \times 4{,}5 \times 18}{46} = 5{,}28\ g$

IV. DOCUMENTATION

Quels sont les risques de la consommation d'alcool pour la santé ?

L'alcool, produit psychoactif, a des effets immédiats qui dépendent surtout de l'alcoolémie mais également des effets à long terme même en cas de faible consommation.

L'éthanol ou alcool éthylique, ou encore en langage courant alcool pur, provient de la fermentation de fruits, de grains ou de tubercules.

Après consommation, 70 à 80% de l'éthanol est absorbé au niveau du duodénum et du jéjunum. L'ingestion de nourriture, en ralentissant la vidange gastrique, prolonge le temps de présence de l'éthanol dans l'estomac modifiant ainsi sa cinétique d'absorption. Le temps d'atteinte de la concentration plasmatique maximale en éthanol est doublé si celui-ci est ingéré pendant un repas (90 minutes en moyenne versus 45 si le sujet est à jeun).

Le volume de distribution de l'éthanol est en moyenne de 0,50 l/kg chez la femme et 0,65 l/kg chez l'homme. L'éthanol franchit facilement la barrière placentaire et les concentrations dans le liquide amniotique et chez le fœtus sont proches des concentrations plasmatiques de la mère.

Après absorption, la distribution de l'éthanol se fait en quelques minutes (demi-vie de distribution : 7

à 8 minutes) vers les organes très vascularisés comme le cerveau, les poumons et le foie.
L'alcool est éliminé essentiellement par le foie (95 %). Les 5 % restants sont éliminés par les reins, la peau, les poumons et la salive.

Un verre standard contient approximativement 10 grammes d'alcool pur quel que soit le type de boisson alcoolisée (vin, bière, apéritif ou alcool fort).

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THÈME : CHIMIE ORGANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ESTÉRIFICATION ET HYDROLYSE D'UN ESTER

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Des élèves de la classe de 1ère C_2 du Lycée Municipal de Guibéroua organisent une sortie d'étude dans une usine de fabrication de produits cosmétiques. Lors de la visite, le guide leur apprend que certains parfums sont fabriqués à partir de composés d'origine animale ou végétale appelés esters. Emerveillés et voulant en savoir le procédé, ils décident sous la supervision de leur professeur et du guide, de définir les réactions d'estérification et d'hydrolyse des esters, de connaître leurs caractéristiques, d'expliquer la notion d'équilibre chimique et d'exploiter les équations-bilans de ces réactions.

II. CONTENU DE LA LEÇON

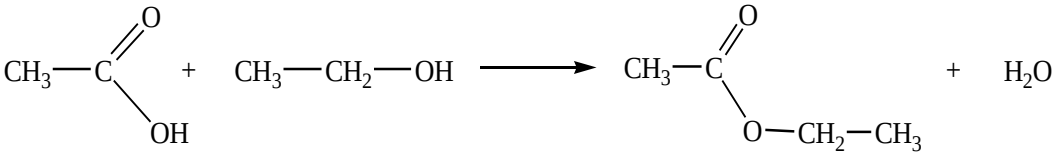
1. Réaction d'estérification

1.1. Définition

La réaction d'estérification est la réaction entre un acide carboxylique et un alcool. Elle conduit à la formation d'un ester et de l'eau.

1.2. Équation de la réaction

Exemple : $R\text{-}COOH + R'\text{-}OH \longrightarrow R\text{-}CO\text{-}O\text{-}R' + H_2O$



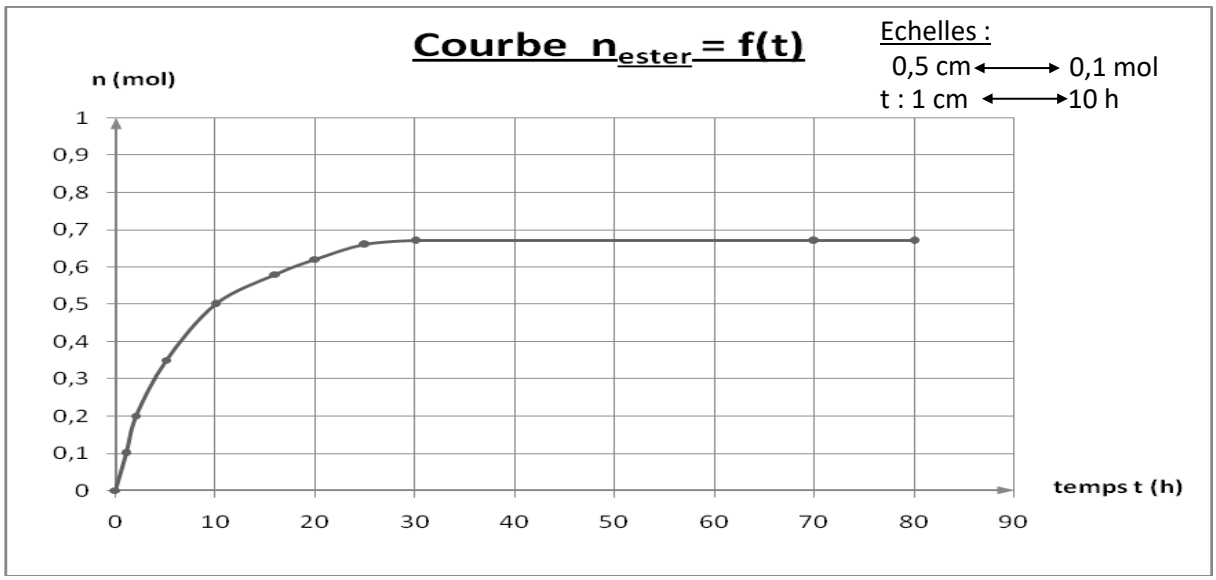
1.3. Courbe de la quantité de matière (n_{ESTER}) d'ester formé en fonction du temps

On mélange de façon équimolaire de l'acide éthanoïque (1 mol) et de l'éthanol (1 mol) en présence d'acide sulfurique concentré. On chauffe le mélange à 100 °C. Par dosage acido-basique, on détermine, à différentes dates, les quantités de matière (n_{ESTER}) d'ester formé. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

t (en heure)	acide restant (mol)	alcool restant (mol)	ester formée n_{ester} (mol)	eau formée (mol)
0	1	1	0	0
1	0,9	0,9	0,1	0,1
2	0,8	0,8	0,2	0,2
5	0,65	0,65	0,35	0,35
10	0,5	0,5	0,5	0,5
16	0,42	0,42	0,58	0,58
20	0,38	0,38	0,62	0,62
25	0,34	0,34	0,66	0,66
30	0,33	0,33	0,67	0,67

70	0,33	0,33	0,67	0,67
80	0,33	0,33	0,67	0,67

Trace de la courbe n_{ESTER} = f(t)



La réaction d'estérification est une réaction lente et limitée.

Remarque :Cette réaction ne consomme, ni ne produit de la chaleur : elle est dite athermique.

Conclusion

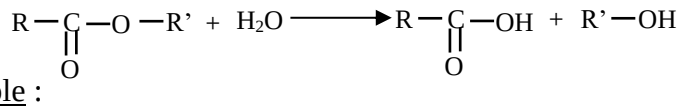
La réaction d'estérification est une réaction lente, limitée et athermique.

2. Réaction d'hydrolyse d'un ester

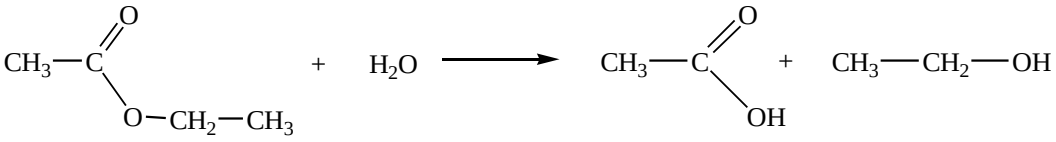
2.1. Définition

La réaction d'hydrolyse d'un ester est la réaction de l'eau sur un ester. On obtient un alcool et un acide carboxylique.

2.2. Équation de la réaction d'hydrolyse



Exemple :



2.3. Tracé de la courbe n_{ESTER} = f(t)

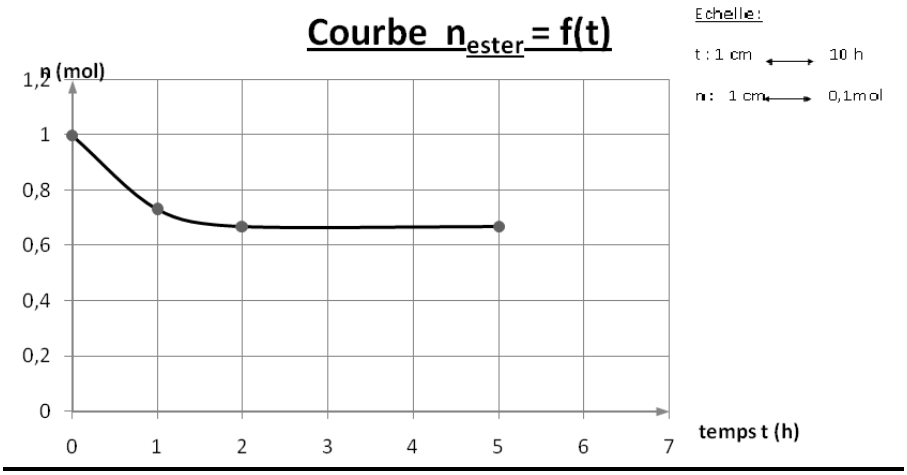
Après addition d'acide sulfurique, on chauffe un mélange constitué d'une mole d'éthanoate d'éthyle et d'une mole d'eau (mélange équimolaire d'éthanoate d'éthyle et d'eau).

A différentes dates, on détermine, par dosage acido-basique, les quantités de matière de l'ester restantes. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Duré et (heures)	Quantité d'ester restante n_{ester} (en mol)	Quantité d'eau restante (mol)	Quantité d'acide formée(en mol)	Quantité d'alcool formée (en mol)

0	1	1	0	0
10	0,73	0,73	0,27	0,27
20	0,67	0,67	0,33	0,33
50	0,67	0,67	0,33	0,33

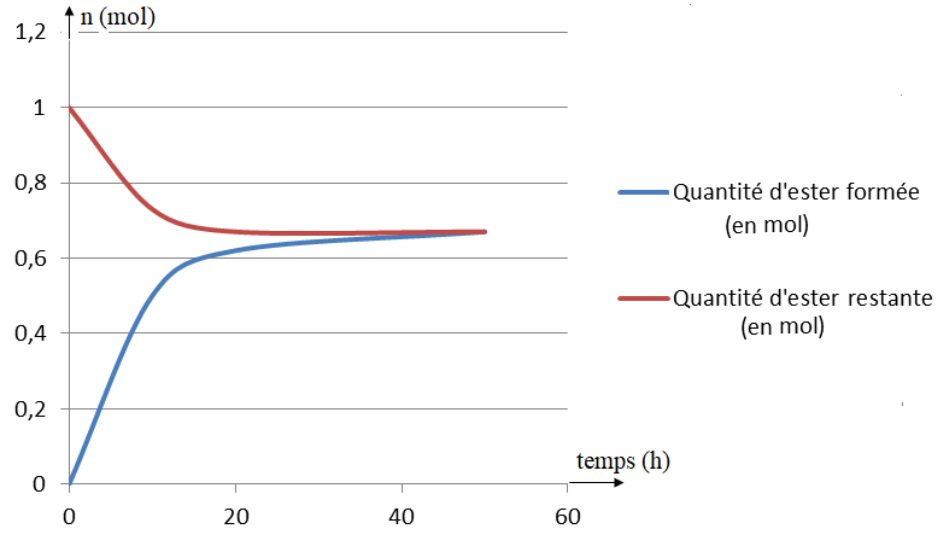
COURBE $n_{ESTER} = f(t)$



Conclusion

La réaction d'hydrolyse d'un ester est une réaction lente, réversible, limitée et athermique.

En juxtaposant les deux courbes, on constate qu'elles ont la même limite.



Dans ces conditions, on aboutit à un équilibre chimique.

3. Étude de la notion d'équilibre chimique

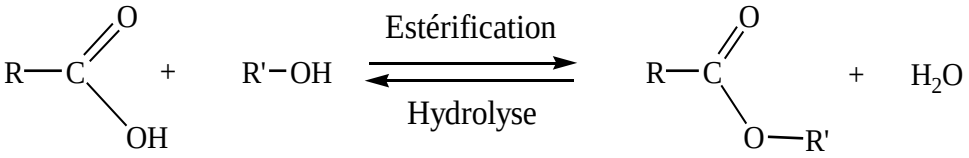
3.1. Réactions réversibles

Les **réactions d'estérification** et **d'hydrolyse d'un ester** sont deux réactions qui se déroulent simultanément. En effet, au cours d'une estérification, pendant que l'acide et l'alcool sont transformés en ester et en eau, l'ester et l'eau formés se transforment en acide et en alcool : on dit que ces réactions sont réversibles.

3.2. Équilibre chimique

Au cours des deux réactions, on atteint un moment où les quantités de matière des réactifs et des produits n'évoluent plus (restent constantes) dans le milieu réactionnel. On parle d'équilibre

chimique. Cela se traduit par la double flèche en sens inverse (⇄) dans l'équation-bilan de la réaction.



Activité d'application 1

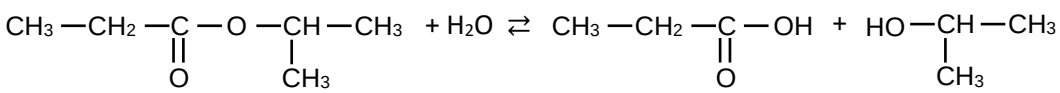
Écris l'équation-bilan de la réaction entre les différentes molécules dans les cas suivants.

1) Acide éthanoïque et éthanol
2) Propanoate d'isopropyle et l'eau

Tu préciseras le nom de chacune de ces réactions.

Solution

1) $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O$: réaction d'estérification.

2) 

Réaction d'hydrolyse d'un ester.

4. Rendement de l'estérification et de l'hydrolyse

- Cas de l'estérification

Pour un mélange équimolaire d'acide et d'alcool, le rendement de l'estérification est :

$$\rho = \frac{\textbf{quantité de matière d'ester formé}}{\textbf{quantité de matière d'acide initial}} = \frac{\boldsymbol{n_E}}{\boldsymbol{n_{o\,(A)}}}$$

- Cas de l'hydrolyse d'un ester

Pour un mélange équimolaire d'ester et d'eau, le rendement de l'hydrolyse est :

$$\rho = \frac{\textbf{nombre de moles d'acide formé}}{\textbf{nombre de moles d'ester initial}} = \frac{\boldsymbol{n_A}}{\boldsymbol{n_{o\,(E)}}}$$

Remarque

Le rendement peut être amélioré par ajout d'un réactif en excès ou par empêchement de la réaction inverse.

Exemple pour l'estérification : enlèvement de l'eau ou distillation de l'ester au fur et à mesure qu'il se forme.

Activité d'application 2

On fait réagir l'acide éthanoïque et le propan-1-ol.

Calcule le rendement de cette réaction chimique sachant qu'un mélange équimolaire d'1 mol de chaque réactif donne 0,67 mol d'ester à l'équilibre chimique.

Solution

$$\rho = \frac{\boldsymbol{n_E}}{\boldsymbol{n_{o\,(A)}}} = \frac{0{,}67}{\mathbf{1}} = \mathbf{0,67 = 67\%}$$

Situation d'évaluation

Au cours d'une séance de T.P, ton groupe de travail est désigné pour préparer un ester dont la saveur et l'odeur sont celles de la banane mûre. Cet ester, utilisé pour aromatiser certains sirops, est

l'éthanoate de 3-méthylbutyle. La réaction a lieu dans une ampoule scellée contenant 0,15 mol d'acide carboxylique, 0,45 mol d'alcool et un peu d'acide sulfurique. Le rendement de l'estérification est de 67%. Tu es rapporteur du groupe.

On donne : masses molaires atomiques (en g/mol) : M(C)=12 ; M(H)=1 ; M(O)=16

1-Indique le rôle de l'acide sulfurique.

2-Ecris:

2.1- les formules semi-développées des deux réactifs.

2.2-la formule semi-développée de l'ester.

2.3- l'équation –bilan de la réaction qui a lieu.

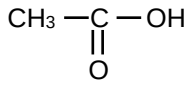
3-Détermine les masses d'ester et d'eau formées à la limite de l'estérification.

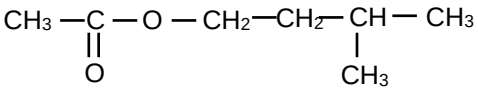
Solution

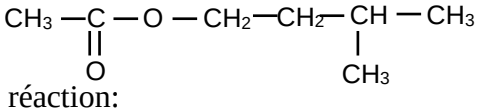
1) L'acide sulfurique est un catalyseur. Il augmente la vitesse de la réaction.

2)

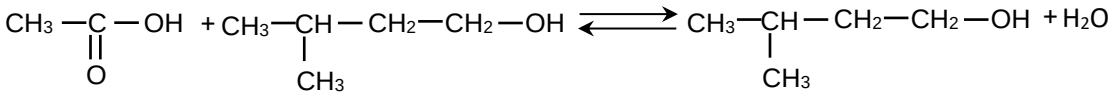
2.1) Formules semi-développées des réactifs.

L'acide éthanoïque : 

Le 3-méthylbutan-1-ol : 

2.2) Formule de l'ester : 

2.3) Équation-bilan de la réaction:



3) Détermination des masses

∗Masse d'ester formée

$$\rho = \frac{\textbf{nombre de moles d'ester formé}}{\textbf{nombre de moles d'acide initial}} = \frac{\boldsymbol{n_E}}{\boldsymbol{n_{o\,(A)}}}$$

Quantité de matière de l'ester : $n_E = \rho.\boldsymbol{n_{o(A)}}$

La masse d'ester $m_E = n_E \times M_E = \rho.\boldsymbol{n_{o(A)}}\mathrm{M(ester)}$

$M_E = 130\,g/mol$, la masse molaire moléculaire de l'ester.

A. N. $m_E = 0{,}67 \times 0{,}15 \times 130 = 13{,}1\ \mathrm{g}$

∗Masse d'eau formée

Quantité de matière de l'eau : $n_e = \rho.\boldsymbol{n_{o(A)}}$

La masse d'eau $m_e = n_e \times M_e = \rho.\boldsymbol{n_{o(A)}}\mathrm{M(eau)}$

$M_e = 18\,g/mol$, la masse molaire moléculaire de l'eau.

A. N. $m_e = 0{,}67 \times 0{,}15 \times 18 = 1{,}81\ \mathrm{g}$

IV. EXERCICES

Exercice 1

Tu souhaites préparer un ester, l'éthanoate d'éthyle.

1-Nomme les réactifs nécessaires.

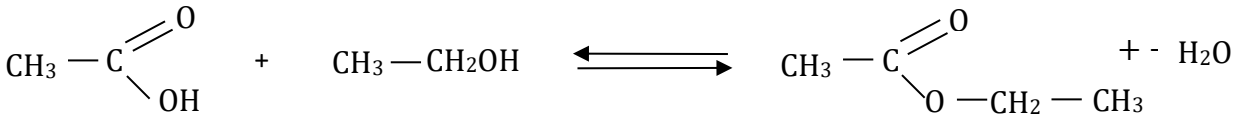
2-Ecris l'équation-bilan de la réaction.

Solution

1- Réactifs nécessaires :

L'acide éthanoïque et l'éthanol

2-Equation-bilan de la réaction



Exercice 2

L'estérification est une réaction chimique.

1) Cette réaction est :

1.1) rapide

1.2) lente

1.3) totale

1.4) limitée

2) Cette réaction est :

2.1) exothermique

2.2) athermique

2.3) endothermique

Pour chacune des affirmations ci-dessus, entoure celle (s) qui est (sont) correcte(s).

Solution

1) Cette réaction est :

1.1) rapide

1.2) lente

1.3) totale

1.4) limitée

2) Cette réaction est :

2.1) exothermique

2.2) athermique

2.3) endothermique

Exercice 3

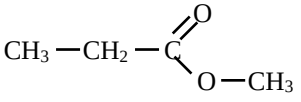
Un ester (E) a pour formule brute $C_4H_8O_2$.

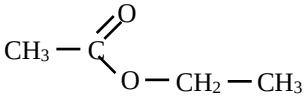
1. Détermine les diverses formules semi-développées de cet ester.

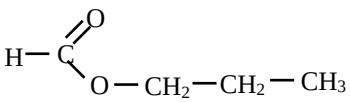
2. Ecris dans chaque cas l'équation-bilan de la réaction d'estérification correspondante et nomme tous les composés mis en jeu.

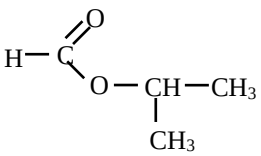
Solution

1 - Formules semi-développées de l'ester

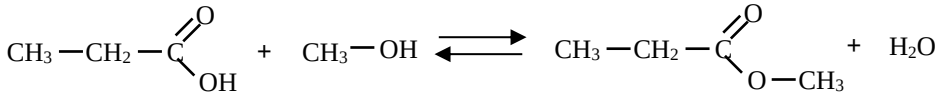




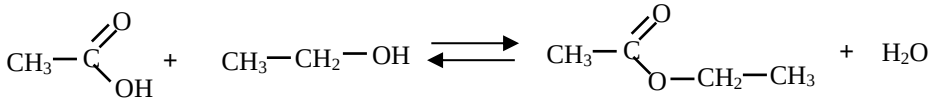




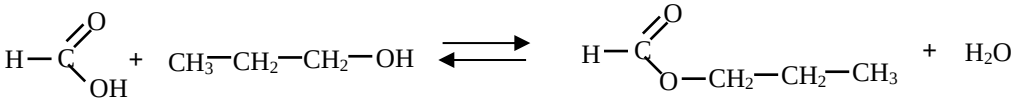
2- Équation - bilans et noms des composés mis en jeu



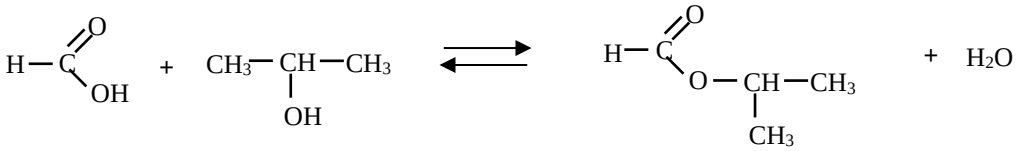
acide propanoïque méthanol propanoate de méthyle eau



acide éthanoïque éthanol éthanoate d'éthyle eau



acide méthanoïque propan-1-ol méthanoate de propyle eau



Acide méthanoïque propan-2-ol Méthanoate de méthyléthyle eau

Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur demande à chaque groupe d'élève de votre classe de réaliser une expérience. Le but est de déterminer le rendement d'une réaction d'hydrolyse à partir d'un mélange non équimolaire et de le comparer à celui d'un mélange équimolaire qui vaut 33 %.

Pour ce faire, un élève de chaque groupe mélange 5 mol d'eau et 1 mol de butanoate d'éthyle. Le mélange est chauffé à 200°C. À l'équilibre chimique, la quantité de matière d'acide présent dans le mélange est de 0,7 mol.

Tu es le rapporteur de ton groupe.

1- Donne la formule brute du butanoate d'éthyle

2- Écris l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse.

3- Détermine le rendement d'hydrolyse.

4-

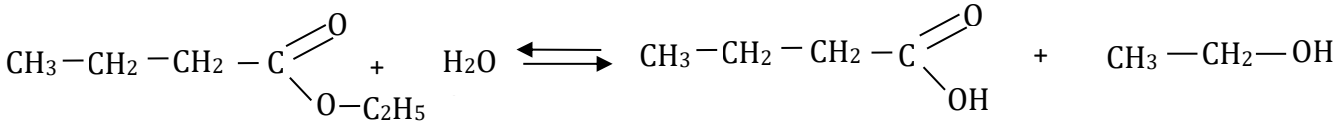
4-1 Compare ce rendement à celui d'un mélange équimolaire d'ester et d'eau.

4-2 Déduis-en une méthode pour améliorer le rendement d'une hydrolyse d'ester.

Solution

1-Formule brute du butanoate d'éthyle : $C_6H_{12}O_2$.

2. Équation-bilan de la réaction.



t=0	1 mol	5 mol	0 mol	0 mol
$t=t_e$	1-x	5-x	x	x

3. Rendement de l'hydrolyse

$$P = \frac{0,7}{1} \times 100 = 70\ \%$$

4-

4-1 Ce rendement est supérieur à celui d'un mélange équimolaire.

4-2 On peut donc améliorer le rendement d'une hydrolyse en augmentant la quantité d'eau qui réagit avec l'acide qui devient alors un réactif limitant.

Exercice 5

Au cours d'une séance de TP, le professeur demande à ton groupe de préparer le 2-méthylpropanoate d'éthyle (E). La réaction a lieu dans une ampoule scellée en présence d'un peu d'acide sulfurique à 100°C.

Au départ, vous introduisez dans l'ampoule 0,15 mol d'acide et 0,15 mol d'alcool. La quantité d'ester formée est de 11,6 g.

Tu es le rapporteur du groupe.

1- Ecris la formule semi-développée:

1-1 de l'acide carboxylique (A) et l'alcool (B) utilisés pour préparer l'ester (E) ;

1-2 du 2-méthylpropanoate d'éthyle.

2- Indique le rôle de l'acide sulfurique.

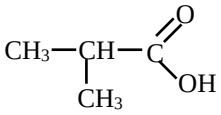
3- Ecris l'équation –bilan de la réaction chimique.

4- Détermine le rendement de l'estérification.

Solution

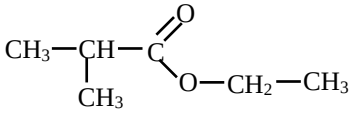
1- Formules semi-développées:

1-1 Formule semi-développée de l'acide carboxylique (A)



Formule semi-développée de l'alcool (B).

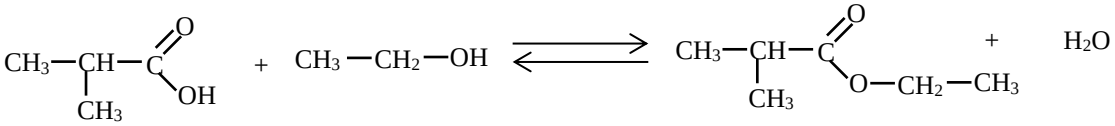
1-2 Formule semi-développée du 2-méthylpropanoate d'éthyle.



2- Rôle de l'acide sulfurique.

L'acide sulfurique est un catalyseur de la réaction d'estérification, sa présence augmente la vitesse de la réaction chimique.

3-Equation –bilan de la réaction chimique.



4- Le rendement.

$$M(ester) = (12 \times 6 + 12 + 32) = 116\ g.mol^{-1}$$

$$n(ester) = \frac{m}{M} = \frac{11,6}{116} = 0,1\ mol$$

$$\rho = \frac{n(ester)}{n(acide)} = \frac{0,1}{0,15} = 0,67\ soit\ 67\%$$

IV. DOCUMENTATION

Quelques esters et leur odeur

En chimie, la fonction ester désigne un groupement caractéristique formé d'un atome lié simultanément à un atome d'oxygène par une double liaison et à un groupement alkoxy du type R-COO-R'. Quand l'atome lié est un atome de carbone, on parle d'**esters carboxyliques**. Cependant, ce peut être aussi un atome de soufre (par exemple dans les esters sulfuriques, sulféniques, etc.), d'azote (esters nitriques, etc.), de phosphore (esters phosphoriques, phosphoniques, phosphéniques, etc.), etc.

Les esters carboxyliques sont des dérivés des acides carboxyliques, résultant très généralement de l'action d'un alcool sur ces acides avec élimination d'eau. Les fonctions esters se retrouvent dans de nombreuses molécules biologiques, notamment les triglycérides (corps gras dans le sang par exemple). Les esters carboxyliques ont souvent une odeur agréable et sont souvent à l'origine de l'arôme naturel des fruits. Ils sont aussi beaucoup utilisés pour les arômes synthétiques et dans la parfumerie.

Ester		Odeur
Méthanoate ou Formiate	de méthyle	Éthérée
	d'éthyle	Odeur de rhum, et partiellement des framboises
	de butyle	Fruitée
Éthanoate ou Acétate	de méthyle	Fruitée
	d'éthyle	Dissolvant ou fruitée
	de propyle	Poire
	de butyle	Banane ou pomme
	de pentyle	Poire
	d'hexyle	Poire
	d'heptyle	Florale
	d'octyle	Orange
	delinalyle	Lavande, bergamote ou banane
	de 2-phényléthyle	Rose
	de benzyle	Jasmin

	de vinyle	Fruitée, agréable à faible concentration devient vite âcre et irritante à plus forte concentration
	d'isoamyle ou de 3- méthylbutyle	Banane
	d'isobutyle ou β- méthylpropyle	Fruitée et florale
Propanoate ou Propionate	d'éthyle	Fraise
	de propyle	Fruitée
	de butyle	Pomme
	d'isoamyle	Abricot, ananas
	d'isobutyle	Éthérée
	d'isopropyle	Fruitée
Butanoate ou Butyrate	de méthyle	Pomme
	d'éthyle	Ananas
	d'isoamyle	Pomme
Isopentanoate ou Isovalérate	de méthyle	Fruitée
Salicylate	de méthyle	Thé des bois, Winter-green
	de phényle	Aromatique
	d'hexyle	Azalée
Benzoate	de méthyle	Orientale (très raffinée : « essence de Niobé »)
	d'éthyle	Cerise
	de benzyle	Aromatique

Niveau : 1ères CDE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME : OXYDOREDUCTION

TITRE DE LA LECON : CLASSIFICATION QUANTITATIVE DES COUPLES OXYDANTS/REDUCTEURS

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un réparateur d'appareils électroménagers du quartier commerce de Grand-Lahou a réalisé devant un groupe d'élèves de la 1ère C du Lycée Moderne de ladite ville, l'expérience décrite comme suit. Il insère une lame de cuivre et une lame de zinc dans une tomate. A l'aide d'un voltmètre, il mesure la différence de potentiel entre les deux lames. Il dit aux élèves qu'il vient de réaliser une pile.
Fascinés par cette découverte et afin d'en savoir davantage, en classe, le groupe informe ses camarades. Sous la supervision de leur Professeur, les élèves entreprennent de schématiser une pile, d'expliquer son fonctionnement, de déterminer sa f.é.m. puis de schématiser d'autres piles.

II. CONTENU DE LA LECON

1 ETUDE D'UNE PILE ELECTROCHIMIQUE : LA PILE DE DANIELL

1.1 Notion de pile électrochimique

Les réactions d'oxydoréduction sont des réactions au cours desquelles il s'effectue un transfert d'électrons. Les deux réactifs oxydant- réducteurs mis en jeu sont dans le même milieu réactionnel.
Pour produire de l'électricité à partir d'une réaction chimique, il suffit de séparer les deux couples et de faire circuler les électrons grâce à un circuit extérieur. La pile obtenue s'appelle une pile électrochimique.
Cette pile transforme l'énergie chimique en énergie électrique.

1.2 La pile de Daniell

1.2.1 Description de la pile Daniell

Elle est constituée d'une lame de zinc plongée dans un bécher contenant une solution de sulfate de zinc d'une part, et d'autre part d'une lame de cuivre plongée dans un bécher contenant une solution de sulfate de cuivre. Le contact électrique entre ces deux couples est assuré par un pont salin ou pont de jonction constitué d'une languette de filtre imbibée de chlorure de potassium ou de nitrate de potassium inerte aux deux couples.

1.2.2 Expérience et observations

Les deux lames sont reliées à un voltmètre par des fils électriques. Une tension électrique est détectée par le voltmètre. La lame de zinc constitue la borne (+) et la lame de cuivre la borne (-).

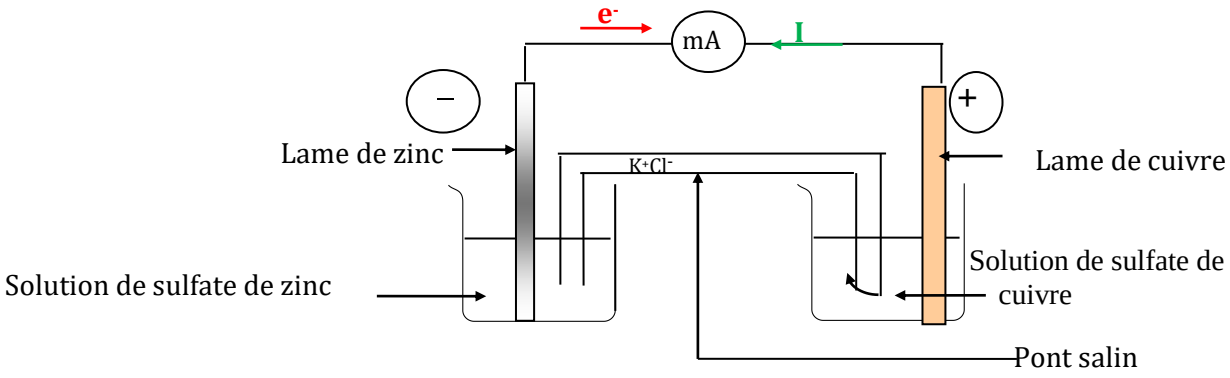


Schéma de la pile Daniell

Remarque **:** Les deux lames sont appelées électrodes. Chaque compartiment constitue une demi-pile.

1.2.3 Interprétation

- A l'électrode de zinc (-) : les atomes de zinc cèdent des électrons et se transforment en ions Zn^{2+}.

La demi-équation d'oxydation est : $\mathbf{Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-}$

- A l'électrode de cuivre (+) : les ions cuivre II (Cu^{2+}) captent les électrons cédés par les atomes de zinc et se transforment en métal cuivre.

La demi-équation de réduction est **:** $\mathbf{Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu}$

L'équation-bilan de la transformation électrochimique est : $\mathbf{Zn + Cu^{2+} \rightarrow Cu + Zn^{2+}}$

Remarques :

- Le pôle négatif d'une pile est toujours le siège d'une réaction d'oxydation tandis que le pôle positif est le siège d'une réaction de réduction.
- La concentration en ions Cu^{2+} diminue tandis que la masse de cuivre augmente.
- La concentration en ions Zn^{2+}augmente tandis que la masse de la lame de zinc diminue.

1.2.4 Notation conventionnelle de la pile Daniell

$$\ominus\ Zn/Zn^{2+} \,\vdots\, Cu^{2+}/Cu\ \oplus$$

2. AUTRES EXEMPLES DE PILES

Piles	Pôle « + »	Pôle « - »	Demi-équations	Equations-bilans	Notation (schéma)
Cu/Pb	Cu	Pb	pôle + :$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ pôle - : $Pb \longrightarrow Pb^{2+} + 2e^-$	$Pb + Cu^{2+} \longrightarrow Pb^{2+} + Cu$	$\ominus\ Zn/Zn^{2+} \,\vdots\, Cu^{2+}/Cu\ \oplus$
Pb/Fe	Pb	Fe	pôle + : $Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb$ pôle - : $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	$Pb + Fe^{2+} \longrightarrow Pb^{2+} + Fe$	$\ominus\ Fe/Fe^{2+} \,\vdots\, Pb^{2+}/Pb\ \oplus$
Pb/Zn	Pb	Zn	pôle + : $Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb$ pôle - : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$	$Pb + Zn^{2+} \longrightarrow Pb^{2+} + Zn$	$\ominus\ Zn/Zn^{2+} \,\vdots\, Pb^{2+}/Pb\ \oplus$

- **Généralisation**

Soit deux couples oxydant-réducteurs Mn^{2+}/Mn et Mn'^{2+}/Mn'. Pour obtenir une pile à partir de ces couples, la borne négative est constituée par le métal le plus réducteur et la borne positive par le métal le moins réducteur (l'oxydant le plus fort).
Soit Mn le métal le plus réducteur.
Le schéma de la pile est le suivant :

$$\ominus\ Mn/Mn^{2+}\,\vdots\,Mn'^{2+}/Mn'\ \oplus$$

Activité d'application

Recopie chacune des affirmations ci-dessous concernant la pile $Cu / Cu^{2+} \,\vdots\, Ag^{+} / Ag$ et écris en face vrai si l'affirmation est vraie ou faux si elle est fausse.
1) La masse de l'électrode de cuivre augmente.
2) La masse de l'électrode de cuivre diminue.
3) La masse de l'électrode d'argent augmente.
4) La masse de l'électrode d'argent diminue.

Solution
1) La masse de l'électrode de cuivre augmente. (faux)
2) La masse de l'électrode de cuivre diminue. (vrai)
3) La masse de l'électrode d'argent augmente. (vrai)
4) La masse de l'électrode d'argent diminue. (faux)

3. NOTION DE POTENTIEL D'OXYDOREDUCTION

3.1. Demi-pile à hydrogène : électrode de référence

Une demi-pile à hydrogène est constituée par une électrode de platine (Pt) plongeant dans une solution d'acide tandis qu'un courant de dihydrogène barbote au-dessus d'elle.
On admet que son potentiel est 0,00 V, pH = 0, et P = 1 atm alors l'électrode à hydrogène est dite standard et appelée **électrode standard à hydrogène** (ESH).
Le couple H^+/H_2est le couple de référence et son potentiel est choisi nul à toute température :

$E(H^+/H_2) = 0$ V.

La demi-équation correspondante est : $\mathbf{2H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2}$

3.2 Définition du potentiel d'oxydoréduction

On peut constituer avec chaque couple oxydant-réducteur M^{n+} / M une demi-pile qui sera associée à la demi-pile H^+ / H_2. La f.é.m.de la pile constituée est, par définition, le potentiel d'oxydoréduction du couple considéré.

$\mathbf{E_{M^{n+}/M} = V_M - V_{ESH}}$

Remarque :

Si M est moins réducteur que H_2 alors $E_{M^{n+}/M} > 0$

Si M est plus réducteur que H_2 alors $E_{M^{n+}/M} < 0$

3.3. Electrode de référence secondaire : la demi – pile Cu^{2+}/Cu

La réalisation d'une ESH est très délicate. Dans la pratique elle est remplacée par une demi-pile d'un emploi plus commode et dont le potentiel est bien connu, appelée demi-pile de référence secondaire. La

demi-pile : Cu^{2+}/Cu. Si $[Cu^{2+}]$ = 1 mol/L et T = 298 K, alors le potentiel est appelé potentiel normal. Celui du cuivre vaut : $\mathbf{E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu}}$ **= 0,34 V.**

3.4. Potentiels normaux des couples M^{n+}/M

La différence de potentiel entre la lame du métal M et la lame de cuivre est :

$V_M - V_{Cu} = (V_M - V_{ESH}) - (V_{Cu} - V_{ESH}) = E^0_{M^{n+}/M} - E^0_{Cu^{2+}/Cu}$

$$\mathbf{E_{Cu/M} = E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{M^{n+}/M}}$$

Exemples de potentiels rédox standards

Couples	Cu^{2+}/Cu	Zn^{2+}/Zn	Fe^{2+}/Fe	Pb^{2+}/Pb	Ag^{+}/Ag
E° (V)	0,34	- 0,77	- 0,44	-0,13	0,80

3.5 Force électromotrice (f.é.m. m.) d'une pile

3.5.1 Définition

La force électromotrice d'une pile est égale à la différence du potentiel du couple dont l'électrode constitue le pôle positif et le potentiel du couple dont l'électrode constitue le pôle négatif.

3.5.2 f.é.m. standard de quelques piles

$E° = E°(+) - E°(-)$

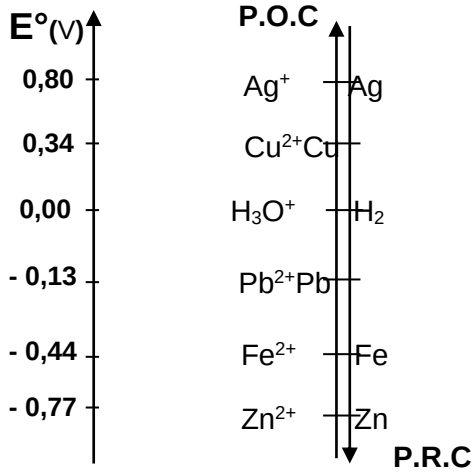
pile	Cu/Zn	Cu/Pb	Pb/Fe	Pb/Zn
E° (V)	1,11	0,47	0,78	0,64

4. CLASSIFICATION QUANTITATIVE DES COUPLES OXYDANTS/REDUCTEURS

4.1 Utilisation des potentiels d'oxydo-réduction

La connaissance des potentiels d'oxydoréduction permet d'établir une classification électrochimique quantitative des couples oxydant-réducteurs.

Exemples



4. 2 Conclusion

- POC : pouvoir oxydant croissant; PRC : pouvoir réducteur croissant.
- Plus l'oxydant d'un couple est fort, plus son potentiel est élevé.
- Plus le réducteur d'un couple est fort, plus son potentiel est faible.

- Lorsque deux couples constituent une pile, la borne positive est celle qui correspond au couple de potentiel standard le plus élevé et la borne négative est celle qui correspond au couple de potentiel standard le plus bas
- La f.é.m. E d'une pile est égale à la différence entre les potentiels standards des couples présents à la borne positive et à la borne négative : $\mathbf{E = E^{\circ}_{(couple\ borne+)} - E^{\circ}_{(couple\ borne-)}}$

Activité d'application

On réalise une pile avec les couples suivants : Fe^{2+} / Fe (E°= -0,44 V) et Ag^{+} / Ag (E°= +0,80 V).

1) La borne (+) est : a) Fe ; b) Ag

2) La borne (-) est : a) Fe ; b) Ag

3) La f.é.m. de la pile ainsi réalisée est : a) E = 0,36 V ; b) E = 1,24 V

Recopie la lettre qui correspond à la bonne réponse dans chacun des cas ci-dessus.

Solution

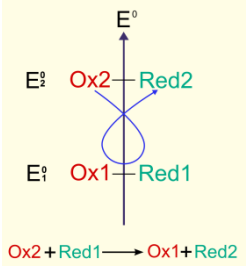
1) b) Ag

2) a) Fe

3) b) E=1,24 V

4.3 Prévision des réactions

La seule réaction spontanée possible entre deux couples oxydant-réducteurs est celle entre l'oxydant le plus fort et le réducteur le plus fort.



5. QUELQUES PILES E LECTROCHIMIQUES

5.1. Pile de volta

Elle a été inventée en 1800 par Alessendro Volta.

L'équation-bilan du fonctionnement de cette pile est : $\mathbf{Zn + 2H_2O \rightarrow Zn^{2+} + 2HO^{-} + H_2}$.

5.2 Pile Leclanché

Georges Leclanché est l'inventeur de la première pile saline (contenant du sel).

Le bilan de la réaction est : $\mathbf{Zn\ (s) + 2\ MnO_2\ (s) + 2\ H^{+}\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\ MnO(OH)(s)}$

5.3 Pile alcaline

On appelle pile alcaline une pile dont l'électrolyte est alcalin (basique).

Exemple : la pile Duracell.

La réaction totale est :

$\mathbf{Zn\ (s) + 2HO^{-}\ (aq) + MnO_2\ (s) + H_2O\ (l) \rightarrow MnO(OH)(s) + HO^{-}\ (aq) + ZnO\ (s) + H_2O\ (l)}$

Remarque : une pile neuve est chargée**.** Elle se décharge à l'usage. Pour une pile usagée, l'un des réactifs est entièrement consommé. Elle ne doit pas être rechargée.

5. 4 Les accumulateurs

Les accumulateurs ou batteries sont des composants qui peuvent être rechargés.

Branchés à un circuit, ils fournissent spontanément de l'électricité et se déchargent. En les branchant aux bornes d'un générateur qui impose un sens de courant inverse du précédent (électrolyse), leurs systèmes évoluent alors dans le sens contraire de leur sens d'évolution spontanée, ils se chargent.

SITUATION D'EVALUATION

Après le cours de chimie sur la classification quantitative des couples oxydant/réduceurs, ton groupe d'élèves de la 1ère C du Lycée Moderne de Grand-Lahou veut fabriquer des piles pour vérifier ses acquis. Il utilise des couples oxydant-réducters suivants:

$$A \begin{cases} E°_{Zn^{2+}/Zn} = -0,76V \\ E°_{Ag^{+}/Ag} = +0,80V \end{cases}$$

$$B \begin{cases} E°_{Cu^{2+}/Cu} = +0,34V \\ E°_{Hg^{2+}/Hg} = +0,86V \end{cases}$$

Il t'est demandé de guider le groupe.

1. Définis la f.é.m d'une pile.
2. Donne les schémas conventionnels de chacune des piles obtenues.
3. Ecris les demi -équations électroniques aux électrodes.
4. Déduis-en les équation-bilans de fonctionnement de ces piles.
5. Détermine la f.é.m de chaque pile.

Solution

1. La f.é.m d'une pile est la différence de potentiel du couple dont l'électrode constitue le pôle positive et le couple dont l'électrode constitue le pôle négatif.

2. Schémas des piles : $\ominus\ Zn/Zn^{2+} \,\vdots\vdots\, Ag^{+}/Ag\ \oplus \quad \ominus\ Cu/Cu^{2+} \,\vdots\vdots\, Hg^{2+}/Hg\ \oplus$

3. Démi-équations électroniques

Pile A : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$ et $Ag^{+} + e^{-} \longrightarrow Ag$; pile B : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$ et $Hg^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Hg$.

4. Equations- bilans.

A : $Zn + 2Ag^{+} \longrightarrow Zn^{2+} + 2Ag$

B : $Cu + Hg^{2+} \longrightarrow Cu^{2+} + Hg$.

5. F.é.m. de chaque pile

- Pile A : $E = E^{0}_{Ag^{+}/Ag} - E^{0}_{Zn^{2+}/Zn} = 0,8 - (-0,76) = 1,56\ V$
- Pile B : $E = E^{0}_{Hg^{2+}/Hg} - E^{0}_{Cu^{2+}/Cu} = 0,86 - 0,34 = 0,52\ V$

III. EXERCICES

Exercice 1

Une lame de zinc introduite dans une solution aqueuse de sulfalte de cuivre II se recouvre d'un depot brun rouge,alors qu'une lame de cuivre introduite dans une solution de sulfate de zinc ne se recouvre pas de depot.

1. Ecris l'équation bilan de la reaction .
2. Compare les potentiels stadards des couples Zn^{2+}/Zn et Cu^{2+}/Cu.

Solution

1. Equation bilan :

$Cu^{2+} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{2+}$

2. Comparaison des potentiels standards des couples :

$E_{Cu^{2+}/Cu} > E_{Zn^{2+}/Zn}$

Exercice 2

1.Indique la place du couple H^+/H_2 dans la classification des couples oxydants reducteurs.
2.Montre que l'acide chorhydrique peut reagir avec le manganese et non avec le platine.
3.Ecris l'équation de la reacton de l'acide chlorhydrique avec le manganese.
Donnees potentiels standards d'oxydoreduction
$E_{Pt^{2+}/Pt} = 1{,}2\ V$; $E_{Mn^{2+}/Mn} = -1{,}18\ V$

Solution

1. Place du couple H^+/H_2 :
Le couple H^+/H_2 a pour potentiel standard $E_{H^+/H_2} = 0\ V$; il est placé à l'origine de la classification.
2.

- $E_{Mn^{2+}/Mn} < E_{H^+/H_2}$ donc l'ion H^+ réagit avec le manganèse (Mn) ;
- $E_{Pt^{2+}/Pt} > E_{H^+/H_2}$ donc l'ion H^+ ne peut pas réagir avec le platine (Pt) .

3. Equation bilan :

$Mn \longrightarrow Mn^{2+} + 2e^-$

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

$Mn + 2H^+ \longrightarrow H_2 + Mn^{2+}$

Exercice 3

Soient les potentiels normaux des couples oxydants/reducteurs suivants :
$E_{Au^{3+}/Au} = 1{,}5\ V$; $E_{Mg^{2+}/Mg} = -2{,}37\ V$
1.Determine la reaction possible entre ces couples
2.Ecris l'equation bilan de cette relation.

Solution

1. Réaction possible :
$E_{Au^{3+}/Au} > E_{Mg^{2+}/Mg}$ donc les ions Au^{3+} sont réduit par le magnésium *(Mg)*
2. Equation bilan :

$3 \times (Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-)$

$2 \times (Au^{3+} + 3e^- \longrightarrow Au)$

$3Mg + 2Au^{3+} \longrightarrow 3Mg^{2+} + 2Au$

Exercice 4

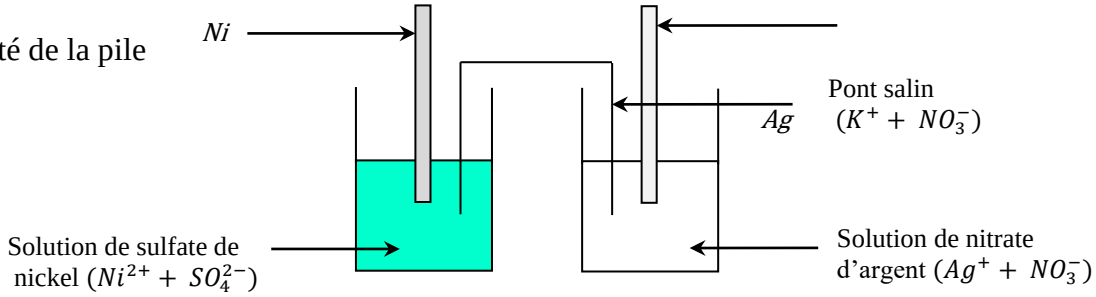
Au cours d'une séance de travaux pratiques ton groupe veut approfondir ses connaissances sur les piles électrochimiques. Pour cela ton groupe réalise avec l'aide de ton professeur une pile standard mettant en jeu les couples oxydant réducteurs Ag^+/Ag et Ni^{2+}/Ni de f.é.m. respectives $E_{Ag^+/Ag} = 0{,}8\,V$ et $E_{Ni^{2+}/Ni} = 0{,}23\,V$.

Tu es le rapporteur de ton groupe

1. Décris, en t'aidant d'un schéma annoté, la réalisation d'une telle pile.
2. Détermine
2.1. La polarite de la pile
2.2. Sa f.é.m.
3. Ecris l'équation de la réaction de fonctionnement de la pile.

Solution

1. schéma annoté de la pile



2.1. Polarité :

$E_{Ag^+/Ag} > E_{Ni^{2+}/Ni}$ donc la borne positive est l'électrode d'argent (Ag) et la borne négative est l'électrode de nickel.

2.2. f.é.m. de la pile

$E = E_{Ag^+/Ag} - E_{Ni^{2+}/Ni} = 0{,}8 - 0{,}23 = 0{,}57\,V$

3. Equation bilan

$Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

$2 \times (Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag)$

$Ni + 2Ag^+ \longrightarrow Ni^{2+} + 2Ag$

Exercice 5

Lors d'une manipulation au laboratoire de chimie du lycée, ton groupe relie par un pont salin une demi-pile au cuivre et une demi-pile à l'étain afin de l'étudier. La pile ainsi réalisée a pour pôle négatif l'électrode d'étain et pour f.é.m. $E = 0.48V$. Le potentiel redox standard du couple Cu^{2+}/Cu est $E^o = 0{,}34\ V$. Les deux demi pile sont dans les conditions standard.

Tu présentes le travail du groupe

1. Donne le schéma conventionnel de cette pile
2. Ecris
   2.1. les réactions qui se produisent aux électrodes lorsque la pile débite.
   2.2. l'équation -bilan de fonctionnement de cette pile.
3. Détermine le potentiel redox $E^o_{Sn^{2+}/Sn}$

4. Compare les pouvoirs oxydants des ions Cu^{2+} et Sn^{2+}.

Solution

1. Schéma conventionnel

$$\ominus\ Sn/Sn^{2+}\ \vdots\vdots\ Cu^{2+}/Cu\ \oplus$$

2.1. Equations aux électrodes

$$Sn \longrightarrow Sn^{2+} + 2e^-$$
$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

2.2. Equation bilan

$$Sn + Cu^{2+} \longrightarrow Sn^{2+} + Cu$$

3. Potentiel standard de la demi pile à l'étain

$$E = E_{Cu^{2+}/Cu} - E_{Sn^{2+}/Sn} \implies E_{Sn^{2+}/Sn} = E_{Cu^{2+}/Cu} - E$$
$$E^o_{Sn^{2+}/Sn} = 0{,}34 - 0{,}48 = -0{,}14\ V$$

4. Pouvoir oxydant

$E^o_{Cu^{2+}/Cu} > E^o_{Sn^{2+}/Sn}$ donc l'ion Cu^{2+} est l'oxydant le plus fort.

IV. DOCUMENTATION

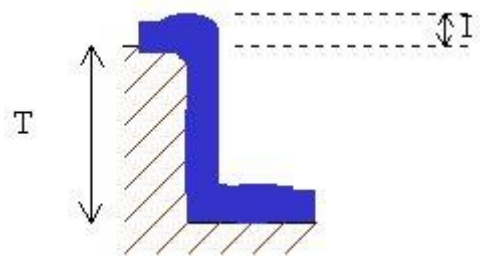
Le potentiel standard d'oxydo-réduction

Définitions

Le potentiel standard d'oxydoréduction est une grandeur exprimée en volts (V) associée à un couple rédox. Il permet de situer le couple sur une échelle des couples rédox.
Par convention, on le verra, le couple H^+/H_2 est associé au potentiel V (H^+/H_2) = 0 V.

Petit rappel de physique chimie :

Pour ceux qui n'ont jamais réussi à comprendre la différence entre tension et intensité, on propose ici un schéma qui permet d'établir que la tension est bien une différence entre deux potentiels. La tension peut en effet être assimilée à la hauteur de la chute d'eau, qui est égale à la différence entre les altitudes (potentiels) de départ et d'arrivée.
Cette tension est à distinguer de l'intensité qui peut être assimilée au débit de la chute d'eau qui ne dépend pas de la hauteur de la cascade mais seulement de la quantité d'eau disponible en amont de la cascade.



Remarque : Si le " bas " de la cascade se situe à l'altitude zéro, il est clair que la hauteur de la chute sera égale à l'altitude du haut de la cascade. On voit ici s'ébaucher l'intérêt de placer le couple H^+/H_2 à un potentiel égal à 0V.

Niveau : 1ères CDE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THÈME : OXYDORÉDUCTION

TITRE DE LA LEÇON : COUPLES OXYDANTS/RÉDUCTEURS EN SOLUTION AQUEUSE. DOSAGE.

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Les élèves de la 1ère C du Lycée Moderne de Grand-Lahou ont découvert dans une revue scientifique, que l'alcooltest qui permet aux forces de l'ordre de vérifier l'état d'ivresse d'un automobiliste, consiste en une réaction d'oxydoréduction entre l'éthanol et l'ion dichromate ($Cr_2O_7^{2-}$).

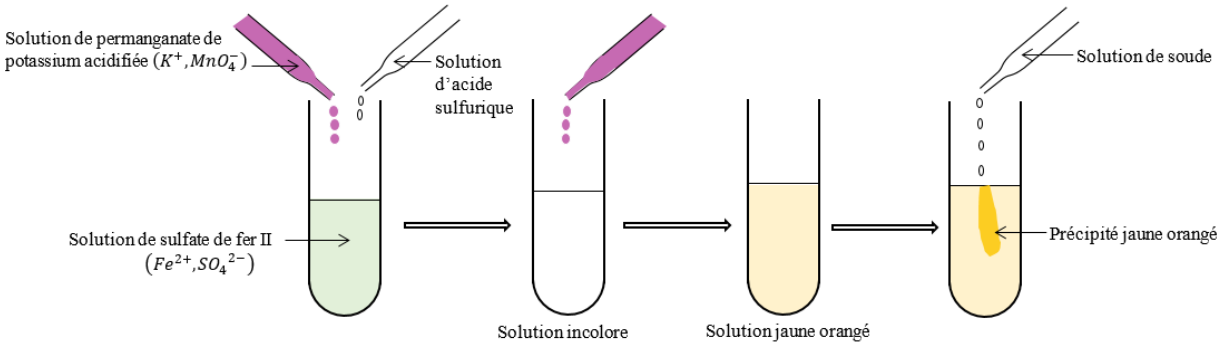
Afin de vérifier cette information, ils décident sous la conduite de leur Professeur, de prévoir les réactions possibles à partir des potentiels normaux, de réaliser des dosages puis d'exploiter l'équation-bilan d'une réaction de dosage.

II. CONTENU DE LA LECON

1. Etude de quelques couples

1.1. Réaction entre les couples Fe^{3+}/Fe^{2+} et MnO_4^-/Mn^{2+}

1.1.1. Expérience et observations



1.1.2. Interprétation

- Les ions Fe^{2+} de couleur verte se sont transformés en ions Fe^{3+}qui donnent en présence de la soude, de l'hydroxyde de fer III de couleur jaune orangé.

Les ions Fe^{2+} se transforment en ions Fe^{3+} en libérant un électron chacun, selon la demi-équation électronique :

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$$

Fe^{2+} est donc un réducteur, Fe^{3+} est un oxydant et ils forment le couple oxydant/réducteur ou couple redox Fe^{3+}/Fe^{2+}. C'est une réaction d'oxydation.

- Les ions permanganate MnO_4^- se transforment en ions Mn^{2+}(incolore) en milieu acide en captant des électrons selon la demi-équation électronique :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

MnO_4^- est donc un oxydant, Mn^{2+} est un réducteur et ils forment le couple redox MnO_4^-/Mn^{2+}. C'est une réaction de réduction.

- Cette réaction est donc une réaction d'oxydoréduction et son équation-bilan s'écrit :

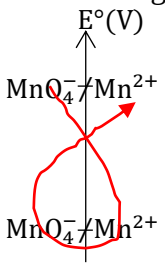
$$5 \times (\quad Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^- \quad)$$
$$MnO_4^- + 8H^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$
$$5\,Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow 5\,Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4\,H_2O$$
$$\Longrightarrow \quad 5\,Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H_3O^+ \longrightarrow 5\,Fe^{3+} + Mn^{2+} + 12\,H_2O$$

1.1.3. Conclusion

La réaction entre les ions MnO_4^- et les ions Fe^{2+} est une réaction d'oxydoréduction. L'oxydant est MnO_4^- et le réducteur est Fe^{2+}.

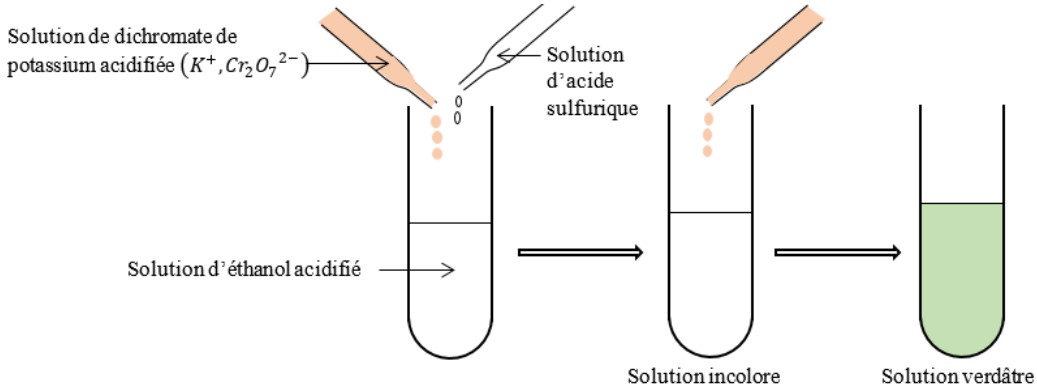
Les potentiels normaux des couples sont $E°(MnO_4^-/Mn^{2+}) = 1{,}52V$ et $E°(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0{,}66V$.

Cette réaction était donc prévisible selon la règle de gamma :



1.2. Réaction entre les couples CH_3COOH/CH_3CH_2OH et $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$

1.2.1. Expérience et observations



1.2.2. Interprétation

- Les ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ disparaissent de la solution et il y a la formation des ions chrome Cr^{3+} dans le mélange.

Les ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ se transforment donc en ions Cr^{3+} en solution acide, en captant des électrons selon la demi-équation électronique :

$$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$$

$Cr_2O_7^{2-}$ est un oxydant, Cr^{3+} est un réducteur et ils forment le couple redox $Cr_2O_7^{2-}/\,Cr^{3+}$.

C'est une réaction de réduction.

- Les électrons captés par les ions $Cr_2O_7^{2-}$ en milieu aqueux sont libérés par l'éthanol et il se forme l'acide éthanoïque selon a demi-équation électronique :

$$CH_3CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 4\,H^+ + 4\,e^-$$

CH_3CH_2OH est un réducteur, CH_3COOH est un oxydant et ils forment le couple redox CH_3COOH/CH_3CH_2OH. C'est une réaction d'oxydation.

- En somme, cette réaction est une réaction d'oxydoréduction et son équation-bilan s'écrit :

$$2 \times (\quad Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O \quad)$$

$$3 \times (\quad CH_3CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 4\,H^+ + 4\,e^-)$$

$$2\,Cr_2O_7^{2-} + 16\,H^+ + 3\,CH_3CH_2OH \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 11\,H_2O + 3\,CH_3COOH$$

$$\Longrightarrow 2\,Cr_2O_7^{2-} + 16\,H_3O^+ + 3\,CH_3CH_2OH \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 27\,H_2O + 3\,CH_3COOH$$

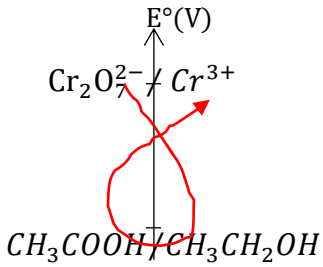
1.2.3. Conclusion

La réaction entre les ions $Cr_2O_7^{2-}$ et l'éthanol CH_3CH_2OH est une réaction d'oxydoréduction et son l'équation bilan :

$$2\,Cr_2O_7^{2-} + 16\,H_3O^+ + 3\,CH_3CH_2OH \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 27\,H_2O + 3\,CH_3COOH$$

Les potentiels normaux des couples sont $E°(Cr_2O_7^{2-}/\,Cr^{3+}) = 1{,}33$ V et $E°(CH_3COOH/CH_3CH_2OH) = 0{,}04\,V$.

Cette réaction était donc prévisible selon la règle de gamma :



2. Prevision des reactions chimiques a partir des potentiels normaux

Soient deux couples redox Ox_1/Red_1 et Ox_2/Red_2 de potentiels normaux respectifs E_1^0 et E_2^0. Si $E_1^0 > E_2^0$ alors Ox_1 oxyde le réducteur Red_2 et cette réaction peut être considérée comme totale lorsque $E_1^0 - E_2^0 \geq 0{,}3V$.

Activité d'application

On donne les couples redox I_2/I^- et ${S_4O_6}^{2-}/{S_2O_3}^{2-}$ de potentiels normaux respectifs $E°(I_2/I^-) = 0{,}54$ V et $E°\left({S_4O_6}^{2-}/{S_2O_3}^{2-}\right) = 0{,}08$ V. Prévois et écris l'équation-bilan de la réaction entre ces deux couples.

Solution

$E°(I_2/I^-) > E°\left({S_4O_6}^{2-}/{S_2O_3}^{2-}\right)$: l'oxydant le plus fort est I_2 et le réducteur le plus fort est ${S_2O_3}^{2-}$

Il y a donc réaction entre ces deux espèces chimiques et l'équation-bilan est :

$$I_2 + 2\,e^- \longrightarrow 2\,I^-$$
$$2\,{S_2O_3}^{2-} \longrightarrow {S_4O_6}^{2-} + 2\,e^-$$
$$I_2 + 2\,{S_2O_3}^{2-} \longrightarrow 2\,I^- + {S_4O_6}^{2-}$$

3. Dosage par oxydoreduction

3.1. Définition

Doser une espèce chimique en solution consiste à déterminer la concentration molaire de cette espèce dans la solution.

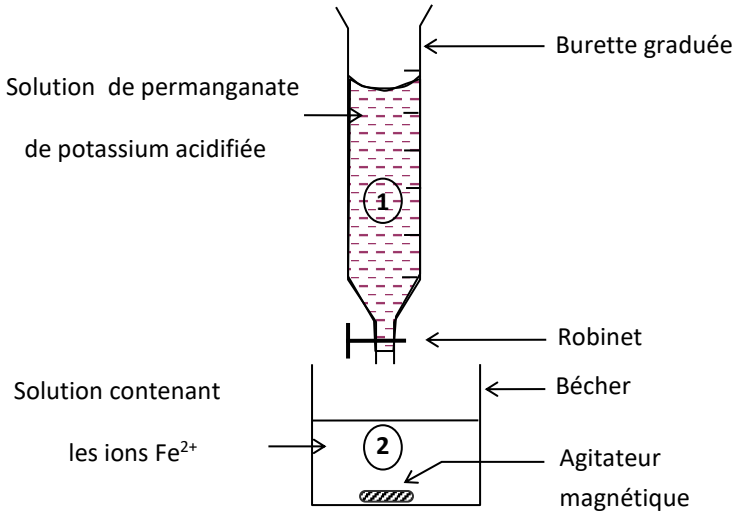
3.2. Principe

Pour effectuer un dosage colorimétrique :

- mettre dans un bécher un volume connu de la solution à doser et on y ajoute quelques gouttes d'un indicateur coloré;
- mettre dans la burette, la solution qui sert à doser, de concentration connue;
- faire tomber goutte à goutte la solution qui sert à doser dans celle à doser;

- arrêter le dosage lorsqu'on remarque un changement de couleur du milieu réactionnel : on dit que l'équivalence est atteinte.

3.3.Dosage de l'ion Fe^{2+} par l'ion MnO_4^-



L'équation bilan de la réaction est : $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + Fe^{3+}$

A l'équivalence, on a l'apparition de la teinte violette persistante de la solution qui sert à doser.

Le bilan molaire permet d'écrire :

$n(Fe^{2+}) = 5n(MnO_4^-)$ $C_rV_r = 5C_oV_{oeq}$. Ce qui donne $C_r = \frac{5C_0V_{oeq}}{Vr}$

V_{oeq} est le volume de la solution acidifiée d'ion permanganate versé à l'équivalence.

Activité d'application

Des élèves veulent réaliser l'oxydation de l'éthanol en éthanal. Ils disposent des solution suivantes : éthanol – acide éthanoîque – permanganate de potassium – acide sulfurique - soude :

1/ Les solutions utilisées pour réaliser l'expérience sont :

a) éthanol – permanganate de potassium – acide sulfurique ;
b) ethanol – soude – permanganate de potassium ;
c) ethanom – acide éthanoïque – permanganate de potassium – acide sulfurique.

2 / L'équation-bilan de la réaction chimique est :

a) $MnO^{4-} + CH_3CH_2OH + 6H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + CH_3CHO + H_2O$;
b) $2MnO^{4-} + 5CH_3CH_2OH + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5CH_3CHO + 8H_2O$;
c) $MnO^{4-} + CH_3CH_2OH \longrightarrow Mn^{2+} + CH_3CHO$.

R*ecopie le numéro de la bonne réponse de chaque proposition.*

Solution

1- a) 2- b)

Situation d'evaluation

Un professeur de physique-chimie demande à un groupe d'élèves de 1ère C de réaliser en travaux pratiques, les expériences décrites ci-dessous en vue de doser une solution de dichromate de potassium.

Expérience 1

Dans un bécher, le groupe introduit un volume V = 20 mL d'une solution de dichromate de potassium de concentration C. Il ajoute à cette solution un volume V_1 = 20 mL d'une solution d'iodure de potassium ($K^+ + I^-$) de concentration C_1 = 0,4 $mol.L^{-1}$.

Les ions iodures étant en excès, le contenu du bécher prend une couleur brun jaune.

Expérience 2

Le groupe ajoute à ce mélange, un volume $V_2 = 10$ mL d'une solution de thiosulfate de sodium ($2Na^+ + S_2O_3^{2-}$) de concentration $C_2 = 0{,}2$ mol.L^{-1}. L'ensemble prend une teinte verte.

Tu es sollicité pour aider le groupe qui éprouve des difficultés.

1.
   1.1) Donne et nomme les différents couples oxydant-réducteurs intervenant dans ces deux expériences.
   1.2) Justifie la couleur brun jaune prise par le contenu du bécher dans la première expérience.
2. Ecris pour la première expérience :
   2.1) les demi-équations électroniques ;
   2.2) l'équation bilan de la réaction.
3. Ecris pour l'expérience 2 :
   3.1) les demi-équations ;
   3.2) l'équation bilan de cette réaction.
4. Déduis de ces expériences, la valeur de la concentration C de la solution de dichromate de potassium

Solution

1-

1.1) Les différents couples

Expérience 1 :

I_2/I^- iode /ion iodure

$Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$ ion dichromate/ion chrome

Expérience 2 :

I_2/I^- iode /ion iodure

$Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$ ion dichromate/ion chrome III

$S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$ ion tetrathionate/ion thiosulfate

1.2) La présence du diiode en solution donne la couleur jaune

2-

2.1) Demi-équation dans l'expérience 1

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$

2.2) Equation-bilan

$Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$

3- Dans l'expérience 2

3.1) Demi-équations

$I_2 + 2\,e^- \longrightarrow 2\,I^-$

$2\,S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2\,e^-$

3.2) Equation-bilan

$I_2 + 2\,S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2\,I^- + S_4O_6^{2-}$

4- Concentration C du dichromate de potassium

- Quantité de matière de I_2 présent dans l'expérience 2 :
- $I_2 + 2\,S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2\,I^- + S_4O_6^{2-}$

$$n_{I_2} = \frac{n_{S_2O_3^{2-}}}{2} = \frac{C_2V_2}{2} = \frac{0{,}2 \times 10.10^{-3}}{2} = 10^{-3} mol$$

- Quantitié de matière de $Cr_2O_7^{2-}$

$Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$

$$n_{Cr_2O_7^{2-}} = \frac{n_{I_2}}{3} = CV \Longrightarrow \quad C = \frac{n_{I_2}}{3\,V} = \frac{10^{-3}}{3 \times 20.10^{-3}} = 0{,}017\ mol.L^{-1}$$

III. EXERCICES

Exercice 1

Le diiode I_2 peut être oxydé en milieu acide, en acide iodique HIO_3.
1. Équilibre la demi- équation électronique correspondant à cette oxydation.
2. L'oxydation du diiode peut être réalisée en ajoutant un excès d'eau de chlore à une solution aqueuse de diiode. Le dichlore Cl_2 est alors réduit en ions Cl^-.
Ecris l'équation- bilan de la réaction.

Solution

1. Démi-équation correspondant à cette oxydation
   $I_2^- + 6\,H_2O \longrightarrow 2\,HIO_3 + 10\,H^+ + 10\,e^-$
2. Equation-bilan de la réaction
   $Cl_2 + 2\,e \longrightarrow 2\,Cl_2$
   $2\,I^- \longrightarrow I_2 + 2\,e^-$

   $Cl_2 + 2\,I^- \longrightarrow 2\,Cl_2 + I_2$

Exercice 2

1. Complète la demi- équation électronique de l'oxydation de l'éthanol en acide éthanoïque en ne faisant intervenir, si nécessaire, que les espèces H_2O et H^+ pour l'équilibrer.

$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH$ + ……→ $CH_3\text{-}COOH$ + ….....

2. Cette oxydation est facile à réaliser en chauffant modérément des ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ avec de l'éthanol en milieu acide ; en fin de réaction, l'élément chrome est à l'état d'ions Cr^{3+}.
   2.1) Écris la demi- équation électronique du couple $Cr_2O_7^{2-}$ /Cr^{3+} en milieu acide.
   2.2) Écris l'équation- bilan de la réaction entre l'éthanol et les ions $Cr_2O_7^{2-}$.

Solution

1.
   $CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + H_2O \longrightarrow CH_3\text{-}COOH + 4\,H^+ + 4\,e^-$

2.

2.1) Démi-équation électronique du couple $Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$
   $Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \longrightarrow Cr^{3+} + 7\,H_2O$

2.2) Equation-bilan de la réaction
   $(\ CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + H_2O \longrightarrow CH_3\text{-}COOH + 4\,H^+ + 4\,e^-\ ) \times 3$
   $(\ Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \longrightarrow Cr^{3+} + 7\,H_2O\ ) \times 2$

   $2\,Cr_2O_7^{2} + 3\,CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + 16\,H^+ \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 3CH_3\text{-}COOH + 11\,H_2O$

Exercice 3

Le dichromate de potassium oxyde les ions iodure en diiode. Tu verses 10 mL d'une solution de dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ à 10^{-2} mol. L^{-1} dans 20 mL de solution d'iodure de potassium KI à 0,1 mol. L^{-1} en milieu acide.
1. Écris les demi- équations électroniques et l'équation- bilan.
2. Calcule la concentration en diiode I_2 et en ions Cr^{3+} en fin de réaction.

Solution

1. Démi-équations électroniques et équation-bilan

$Cr_2O_7{}^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7\,H_2O$

$2\,I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$

2. Equation-bilan de la réaction

$Cr_2O_7{}^{2-} + 6I^- + 14\,H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3\,I_2 + 7\,H_2O$

3. D'après l'équation-bilan nous avons:

$$n\left(Cr_2O_7{}^{2-}\right) = \frac{n(I^-)}{6} = \frac{n(I_2)}{3} = \frac{n(Cr^{3+})}{2}$$

$$\Longrightarrow [Cr^{3+}] = \frac{2n\left(Cr_2O_7{}^{2-}\right)}{V_1+V_2} = \frac{2C_1V_1}{V_1+V_2} = \frac{2\times10^{-2}\times10}{10+20} = 6{,}67.10^{-3}mol.L^{-1}$$

$$[I_2] = \frac{3n\left(Cr_2O_7{}^{2-}\right)}{V_1+V_2} = \frac{3C_1V_1}{V_1+V_2} = \frac{3\times10^{-2}\times10}{10+20} = 0{,}01mol.L^{-1}$$

Exercice 4

Pour tester tes connaissances en chimie, tu décides de déterminer la variation de la masse de fer métallique dans une solution aqueuse lors de son oxydation. Pour ce faire, tu dissous 10 g de sulfate de fer III ($Fe_2(SO_4)_3$ dans un volume V = 100 mL d'eau. Dans cette solution aqueuse notée A, tu verse de la limaille de fer en excès.

Données :

Masses molaires en g/mol : O : 16 ; S : 32 ; Fe : 56;

Potentiels normaux standards : $E°(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0{,}77$ V ; $E°(Fe^{2+}/Fe) = -0{,}44$ V

1)

1.1 Ecris l'équation de dissolution du sulfate de fer III dans leau.

1.2 Calcule la concentration en ions Fe^{3+} et $SO_4{}^{2-}$ de la solution.

2)

3.1. Montre que le fer est oxydé.

3.2. Ecris l'équation-bilan de la réaction.

3) Détermine la variation de la masse de fer métallique lorsque tous les ions Fe^{3+} ont été réduits.

4) Calcule la concentration en ions Fe^{2+}.

Solution

1.

1.1 $Fe_2(SO_4)_3 \longrightarrow 2\,Fe^{3+} + 3\,SO_4{}^{2-}$

1.2 $n_A = \frac{n(Fe^{3+})}{2} = \frac{n(SO_4{}^{2-})}{3}$

$\Longrightarrow n(Fe^{3+}) = 2\,n_A$ et $n\left(SO_4{}^{2-}\right) = 3\,n_A$

$$\Longrightarrow [Fe^{3+}] = \frac{2\,m_A}{VM_A} = \frac{2\times10}{0{,}1\times(56\times2+32\times3+16\times4\times3)} = 0{,}5mol.L^{-1}$$

$$\left[SO_4{}^{2-}\right] = \frac{3\,m_A}{VM_A} = \frac{3\times10}{0{,}1\times400} = 0{,}75\,mol.L^{-1}$$

2.

2.1) $E°(Fe^{3+}/Fe^{2+}) > E°(Fe^{2+}/Fe)$, Fe est donc le réducteur le plus fort.

Par conséquent, le fer est oxydé.

2.3) $(\,Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}\,) \times 2$

$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-$

$2\,Fe^{3+} + Fe \longrightarrow 3\,Fe^{2+}$

3. La variation de masse du fer est égale à la masse de fer transformée en ions

$$n_{Fe} = \frac{n_{Fe^{3+}}}{2} = \frac{m_{Fe}}{M_{Fe}} \Longrightarrow m_{Fe} = \frac{n_{Fe^{3+}}}{2} \times M_{Fe} = \frac{0{,}5}{2} \times 56 = 14\ g$$

4. Calculons la concentration des ions Fe^{2+} dans la solution

$$\frac{n_{Fe^{3+}}}{2} = \frac{n_{Fe^{2+}}}{3} \Longrightarrow [Fe^{2+}] = \frac{n_{Fe^{2+}}}{V} = \frac{3}{2}\frac{n_{Fe^{3+}}}{V} = \frac{3}{2}[Fe^{3+}] = \frac{3}{2} \times 0{,}5 = 0{,}75\ mol.L^{-1}$$

Exercice 5

Au cours d'une séance de travaux pratiques de chimie, tu es désigné pour doser des ions Fe^{2+} par une solution de permanganate de potassium afin de connaître la concentration molaire volumique inconnue de la solution de Fe^{2+} .

Cette solution de permanganate a été obtenue par dissolution de m = 0,2g de permanganate de potassium solide dans 100 mL d'eau distillée . Pour obtenir l'équivalence , tu as versé 12 mL de solutions d'ions fer II, 16,5 mL de la solution de permanganate de potassium .

On donne : M($KMnO_4$) = 158 g/mol.

1. Donne les couples oxydant / réducteur présents dans la solution au cours du dosage.
2. Ecris les demi-équations et l'équation –bilan de la réaction chimique.
3. Détermine :
   3.1 la concentration molaire volumique de la solution de permanganate de potassium;
   3.2 la concentration molaire volumique de la solution de la solution d'ions fer II.

Solution

1. MnO^{4-}/Mn^{2+} et Fe^{3+}/Fe^{2+}

2. Demi-équations et équation-bilan

$MnO^{4-} + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

$(Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-) \times 5$

$MnO^{4-} + 5Fe^{2+} + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$

3.1 La concentration molaire de la solution de permanganate de potassium

$C = \frac{n}{V}$ or $n = \frac{m}{M}$ donc $C = \frac{m}{MV} = \frac{0{,}2}{0{,}1 \times 158} = 0{,}0126$ mol/L

3.2 La concentration molaire volumique de la solution d'ions fer II

$$n(MnO_4^-) = \frac{nFe^{2+}}{5} \quad \text{d'où} \quad 5C_{ox}V_{ox} = n\,C_{red}V_{red}$$

Donc $C_{red} = \frac{5Cox.Vox}{Vred} = \frac{5 \times 0{,}0126 \times 16{,}5}{12} = 0{,}087$ mol/L

IV. DOCUMENTATION

Le fer dans les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des réserves importantes d'eau potable.

Par l'exploitation du sol par l'homme, les eaux souterraines peuvent connaître une concentration en métaux assez variable.

En fonction de leur concentration, les éléments métalliques peuvent être essentiels ou toxiques pour l'homme.

Il est donc important de déterminer régulièrement la quantité en éléments métalliques dans ces eaux.

L'essentiel sur les titrages colorimétriques

Le but d'un titrage est de déterminer la quantité de matière d'une espèce chimique, dite titrée, à l'aide d'une réaction chimique mettant en jeu comme réactif une espèce chimique dont on

connaît la concentration, l'espèce chimique titrante.
La réaction chimique support d'un titrage, doit être totale, rapide et spécifique de l'espèce titrée.
Lors d'un titrage, l'équivalence est l'état du système pour lequel les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.
Au cours d'un titrage colorimétrique cette équivalence est repérée par un changement de couleur.

1ère C

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THÈME : OXYDORÉDUCTION

TITRE DE LA LEÇON : OXYDORÉDUCTION PAR VOIE SÈCHE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

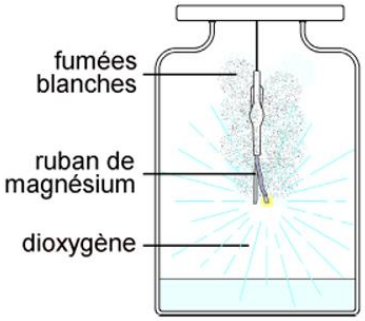
À l'occasion de la fête du nouvel an, des élèves de la 1ème C du Lycée Moderne Arsène Assouan Usher observent un feu d'artifices. Ils sont émerveillés par l'éclat, la beauté des couleurs et des figures. Ils en parlent à leur Professeur de Physique-Chimie qui leur dit que ce feu d'artifices est le résultat de réactions d'oxydation par voie sèche, faisant intervenir divers composés solides (magnésium, oxyde ferrique Fe_2O_3…).

Pour aider ses élèves à comprendre ce phénomène, le professeur décide avec eux, d'écrire les équation-bilans de ces réactions, de les interpréter et de définir le nombre d'oxydation.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Oxydation du magnésium par le dioxygène

1.1. Expérience et observations



1.2. Interprétation

- La combustion du magnésium dans le dioxygène est très vive, elle se traduit par une lumière blanche intense et un dégagement de fumée blanche (particules solides) d'oxyde de magnésium (MgO) qui se déposent.

L'analyse de l'oxyde de magnésium montre qu'il a une structure ionique du fait d'un empilement régulier d'ion magnésium $\mathbf{Mg^{2+}}$ et d'ion oxygène $\mathbf{O^{2-}}$.

Au cours de la réaction, chaque atome de magnésium se transforme en cation ($\mathbf{Mg^{2+}}$) en cédant 2 électrons : il y a oxydation du magnésium selon la demi-équation :

$$\mathbf{Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-}$$

Chaque molécule de dioxygène $\mathbf{O_2}$ se transforme en anion $\mathbf{O^{2-}}$ en captant 2 électrons par atome : Il y a réduction selon la demi-équation :

$$\mathbf{O_2 + 4e^- \longrightarrow 2\,O^{2-}}$$

1.3. Équation-bilan

$$\mathbf{2\,Mg + O_2 \longrightarrow 2\,Mg^{2+} + 2\,O^{2-}}$$

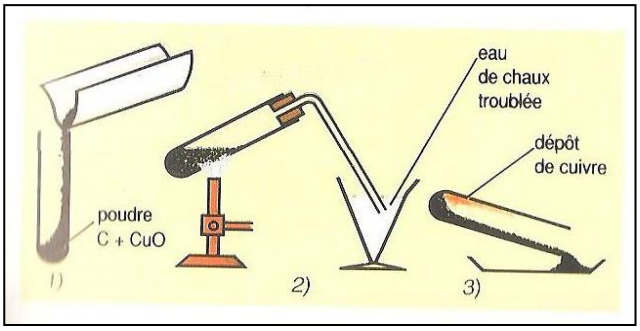
1.4. Conclusion

L'oxydation du magnésium par le dioxygène est une réaction d'oxydoréduction en dehors du milieu aqueux : on dit que c'est **une réaction d'oxydoréduction par voie sèche**.

Remarque : cette réaction par voie sèche est une réaction d'oxydoréduction entre les couples $\mathbf{Mg^{2+}/Mg}$ et $\mathbf{O_2/O^{2-}}$.

2. Réduction de l'oxyde de cuivre ii par le carbone

2.1. Expérience et observations



2.2. Interprétation

- Le dépôt rouge visible dans le tube à essais est du cuivre : l'oxyde de cuivre est réduit à l'état de cuivre métallique. La demi-équation est : $2CuO \rightarrow 2Cu + O_2$
- Le carbone a été oxydé en dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux. La demi-équation est :

$$\mathbf{C + O_2 \rightarrow CO_2}$$

L'équation-bilan de cette réaction est :

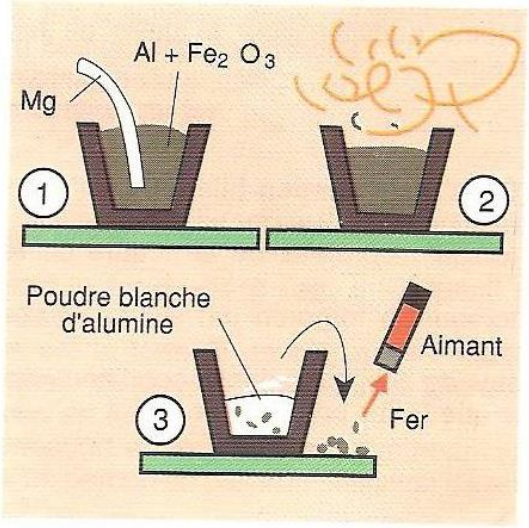
$$\mathbf{2\,CuO + C \longrightarrow 2\,Cu + CO_2}$$

2.3. Conclusion

La réduction de l'oxyde de cuivre par le carbone est une réaction d'oxydoréduction par voie sèche.

3. Réduction de l'oxyde ferrique par l'aluminium

3.1. Expérience et observations



3.2. Interprétation

La poudre blanche formée après combustion est de l'alumine (Al_2O_3).

Les oxydes Fe_2O_3 et Al_2O_3 sont des oxydes ioniques formés respectivement par les ions (Fe^{3+} et O^{2-}) et (Al^{3+} et O^{2-})

L'ion Fe^{3+} a été réduit selon la demi-équation : $Fe^{3+} + 3e^- \longrightarrow Fe$

L'aluminium Al a été oxydé selon la demi-équation : $Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^-$

Équation-bilan : $\mathbf{Fe^{3+} + Al \longrightarrow Fe + Al^{3+}}$

3.3.Conclusion

La réduction de l'oxyde ferrique par l'aluminium communément appelée aluminothermie, est une réaction d'oxydoréduction au cours de laquelle il y a transfert d'électrons entre l'aluminium Al et les ions Fe^{3+}.

4. Nombre d'oxydation

4.1. Définition

Le nombre d'oxydation ou degré d'oxydation (n.o) d'un élément dans un composé (atome, ion ou molécule) est un nombre algébrique qui indique l'état d'oxydation de cet élément pour l'espèce chimique considérée.

Remarque:

-le nombre d'oxydation est écrit en chiffre romain précédé des signes $+$ ou $-$,

- sa détermination résulte d'un ensemble de définitions et de conventions.

4.2.Détermination du nombre d'oxydation d'un élément

4.2.1. Dans un corps pur simple

Le nombre d'oxydation d'un élément à l'état de corps pur simple est nul.

Exemple :n.o(Na) = 0 et n.o(Fe) = 0

4.2.2. Dans un ion

- Ion monoatomique : son n.o est égal à sa charge.
  Exemple : n.o(Fe^{2+}) = +II, n.o(Cr^{3+}) = +III et n.o(O^{2-}) = - II
- Ion polyatomique

La somme algébrique des n.o de tous les éléments de l'ion est égale à sa charge globale.

Exemple : pour SO_4^{2-} : n.o (S) + 4 n.o(O) = - II

4.2.3. Dans une molécule

La somme algébrique des n.o de tous les éléments de la molécule est égale à zéro.

- le n.o d'une molécule est nul.
  Exemple : pour H_2O : 2 n.o(H) + n.o(O) =0

4.2.4. Règle

Sauf dans la molécule O_2 l'élément oxygène a le nombre d'oxydation –II.

Sauf dans la molécule H_2 l'élément hydrogène a le nombre d'oxydation +I.

Activité d'application

Calcule le nombre d'oxydation des éléments dans les espèces chimiques suivantes : Cu ; $A\ell^{3+}$; CO_2; $A\ell_2O_3$; H_2SO_4

Solution

$* \text{n.o.}(Cu) = 0$

$* \text{n.o.}(A\ell^{3+}) = +III$

$*$ Dans CO_2 : $\text{n.o.}(C) + 2\,\text{n.o.}(O) = 0$ où $\text{n.o.}(O) = -II$

$\Longrightarrow \text{n.o.}(C) = -2\,\text{n.o.}(O) = -2 \times (-II) = +IV$

$*$ Dans $A\ell_2O_3$: $2\text{n.o.}(A\ell) + 3\,\text{n.o.}(O) = 0$ où $\text{n.o.}(O) = -II$

$\Longrightarrow \text{n.o.}(A\ell) = -\frac{3}{2}\,\text{n.o.}(O) = -\frac{3}{2} \times (-II) = +III$

$*$ Dans H_2SO_4 : $2\text{n.o.}(H) + \text{n.o.}(S) + 4\,\text{n.o.}(O) = 0$ où $\text{n.o.}(O) = -II$ et $\text{n.o.}(H) = +I$

$\Longrightarrow \text{n.o.}(S) = -2\text{n.o.}(H) - 4\,\text{n.o.}(O) = -2 \times (+I) - 4 \times (-II) = +VI$

4.3.Utilisation du nombre d'oxydation dans une réaction d'oxydoréduction

- Dans une réaction chimique, si le n.o d'un élément chimique augmente, alors cet élément a subi une oxydation. Le corps qui contient l'élément dont le n.o augmente est le réducteur.
- Dans une réaction chimique, si le n.o de l'élément chimique diminue, alors cet élément à subi une réduction. Le corps qui contient l'élément dont le n.o diminue est l'oxydant.

Activité d'application

Détermine le nombre d'oxydation des éléments dans les équations-bilans ci-dessous puis déduis l'oxydation et la réduction.

1. $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$
2. $O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$

Solution

1. $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$.
   0 +II

Le n.o de l'élément magnésium passe de 0 à +II. Il augmente. Le magnésium a été oxydé.

2. $O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$
   0 –II

Le n.o de l'élément oxygène passe de 0 à –II. Il diminue, il a été réduit.

Situation d'évaluation

Ton Professeur vous informe que le chrome Cr est préparé industriellement par aluminothermie à partir de l'oxyde de chrome (III) Cr_2O_3 et de l'aluminium métallique. On obtient ainsi du chrome métallique et de l'oxyde d'aluminium (appelé couramment alumine) $A\ell_2O_3$.
Données : masses molaires atomiques M(Cr) = 52 g/mol, M(O) = 16g/mol
Il te demande de répondre aux consignes suivantes.
1. Écris l'équation chimique de la réaction qui a lieu.
2. Montre qu'il s'agit d'une réaction redox.
3. Précise le réactif oxydant et le réactif réducteur.
4. Calcule la masse de chrome obtenu lorsqu'on fait réagir 5,0 g d'oxyde de chrome (III) avec 8,5 g d'aluminium.

Solution

1) Bilan des nombres d'oxydation
   $Cr_2O_3 + 2\ A\ell \longrightarrow 2\ Cr + A\ell_2O_3$
2) Au cours de cette réaction le n.o du chrome passe de l'état + III à l'état 0 et le n.o de l'aluminium passe de l'état 0 a l'état III : il s'agit d'une réaction redox.

3. Cr_2O_3 est l'oxydant et $A\ell$ est le réducteur.
4. Calcul de la masse de chrome

$$n_{Cr_2O_3} = \frac{n_{Cr}}{2} \Longrightarrow n_{Cr} = 2\ n_{Cr_2O_3} \Longrightarrow \frac{m_{Cr}}{M_{Cr}} = \frac{2\ m_{Cr_2O_3}}{M_{Cr_2O_3}} \Longrightarrow m_{Cr} = \frac{2 \times M_{Cr} \times\ m_{Cr_2O_3}}{M_{Cr_2O_3}}$$

$$m_{Cr} = \frac{2 \times 52 \times\ 5}{52 \times 2 + 16 \times 3} = 3{,}42\ g$$

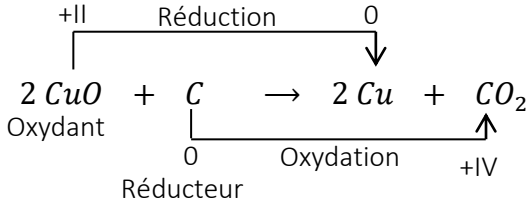
III. EXERCICES

Exercice 1

Détermine l'oxydation, la réduction, l'oxydant et le réducteur dans la réaction chimique d'équation-bilan ci-dessous :

$$2\,CuO + C \longrightarrow 2\,Cu + CO_2$$

Solution



Exercice 2

Ordonne les mots et expressions suivants de sorte à constituer une phrase ayant un sens en rapport avec l'oxydoréduction par voie sèche.

3) qui contient / la réaction de réduction. / le nombre d'oxydation / d'oxydoréduction, / Au cours d'une réaction / diminue, / un élément dont / subit / l'espèce chimique
4) un élément / augmente / l'espèce chimique / est le réducteur. / Au cours d'une réaction / qui contient / dont le nombre d'oxydation / d'oxydoréduction,

Solution

1) Au cours d'une réaction d'oxydoréduction, l'espèce chimique qui contient un élément dont le nombre d'oxydation diminue, subit la réaction de réduction.
2) Au cours d'une réaction d'oxydoréduction, l'espèce chimique qui contient un élément dont le nombre d'oxydation augmente est le réducteur.

Exercice 3

Ton Professeur effectue la réaction entre l'oxyde de cuivre II (CuO) et le carbone.

Il se forme un gaz qui trouble l'eau de chaux et un résidu métallique rouge brique.

1) Écris l'équation-bilan de la réaction.
2) Calcul les nombre d'oxydation de chaque élément dans les espèces de l'équation-bilan.

Solution

1) Équation-bilan : $2\,\mathrm{CuO} + \mathrm{C} \longrightarrow \mathrm{CO_2} + 2\,\mathrm{Cu}$
2) Nombres d'oxydation

$*$ dans $\mathrm{C}, \mathrm{n.o.}(\mathrm{C}) = 0;$

$*$ Dans $\mathrm{CuO}, \mathrm{n.o.}(\mathrm{O}) = -\mathrm{II}$ et $\mathrm{n.o.}(\mathrm{Cu}) = -\mathrm{n.o.}(\mathrm{O}) = +\mathrm{II}$

$*$ Dans $\mathrm{CO_2}, \mathrm{n.o.}(\mathrm{C}) = -2\mathrm{n.o.}(\mathrm{O}) = +\mathrm{IV}$

$*$ Dans $\mathrm{Cu}, \mathrm{n.o.}(\mathrm{Cu}) = 0$

Exercice 4

Choisir la (ou les) lettre(s) correspondant à la (aux) bonne(s) réponse(s)

1. Le nombre d'oxydation d'un élément dans un ion monoatomique est égal :
- **a)** a zéro ;
- **b)** à la charge portée par l'ion ;
- **c)** à la valeur absolue de la charge portée par l'ion.

2. Dans la molécule de méthanol CH_4O, le nombre d'oxydation de l'élément carbone est égal a :
- **a)** -II;
- **b)** 0;

c) +II.

3. La réduction d'un élément correspond :

a) à l'augmentation de son n.o ;

b) à la diminution de son n.o ;

c) à la conservation de son n.o.

4. Avec les entités chimiques H_3O^+, H_2 et H_2O, on peut former les couples redox :

a) H_3O+/ H_2 ;

b) H_2O/ H_2 ;

c) H_3O^+/ H_2O.

Solution

1. b)

2. a)

3. b)

4. a) et **b)**

Exercice 5

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe est choisi pour mener la réaction de l'acide sulfurique concentré à chaud avec 18 g de carbone afin d'identifier le type de réaction qui a lieu et écrire l'équation bilan de la réaction. Vous obtenez du dioxyde de soufre, du dioxyde de carbone et de l'eau.

Données : M(O) =16 g/mol ; M(C) = 12 g/mol ; V_m = 28 L/mol.

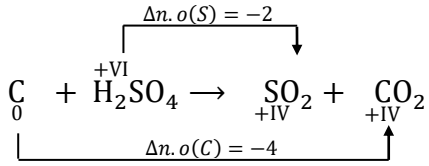
Tu es le rapporteur de ton groupe.

1. Vérifie si la réaction qui a lieu est une réaction d'oxydoréduction.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction.
3. Calcule le volume de dioxyde de carbone qui se forme.

Solution

1. Le $\text{n.o}\,(S)$ passe de $+\text{VI}$ dans H_2SO_4 à $+\text{IV}$ dans SO_2 , tandis que $\text{n.o}\,(C)$ passe de 0 dans C à $+\text{IV}$ dans CO_2: n.o varient: cette réaction est une réaction d'oxydoréduction.

2.



Les coefficients stœchiométriques des éléments carbones (x) et des éléments soufre (y) sont tels que $4x = 2y$ soit $y = 2x \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ y = 2 \end{cases}$

$\Longrightarrow \quad C + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow 2\,SO_2 + CO_2$

Assurons la conservation de l'élément oxygène. Le milieu étant acide, on utilise H_2O :

$\mathbf{C + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow 2\,SO_2 + CO_2 + 2H_2O}$ **:** c'est l'équation bilan de la réaction.

3. volume de dioxyde de carbone

$$n_{(C)} = n_{(CO_2)} \Rightarrow V_{(CO_2)} = \frac{m_C}{M_C} V_m = 42\ \text{L}$$

Exercice 6

Votre professeur de Physique-Chimie vous apprend que l'un des minerais de fer utiliser par les forgerons pour fabriquer les dabas est l'oxyde de fer III (Fe_2O_3). Il contient 57% de fer.

L'oxyde de fer III est d'abord réduit par le monoxyde de carbone (CO) en fer et en dioxyde de carbone. Ensuite le fer obtenu est usiné artisanalement.

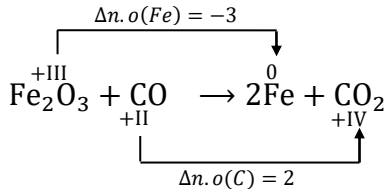
Il vous demande à la suite de son exposé, d'écrire l'équation-bilan de la réaction de réduction de l'oxyde de fer, et de déterminer la masse de fer produit.

Données : V_m=22,4 L.mol^{-1} ; M(Fe)=56 g/mol ; M(C)= 12 g/mol ; M(O)=16 g/mol.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction de réduction par le monoxyde de carbone qui donne du fer et du dioxyde de carbone.
2. Identifie l'espèce chimique qui capte des électrons.
3. Identifie l'espèce chimique qui cède des électrons.
4. Calcule :
   4.1 le volume de monoxyde de carbone, mesuré dans les conditions normales de température et de pression, nécessaire pour réduire trois tonnes de minerai de fer.
   4.2 la masse de fer obtenue.

Solution

1.



Les coefficients stœchiométriques des éléments carbone (x) et des éléments fer (y) sont tels que :

$x = 3y \Rightarrow \begin{cases} x = 3 \\ y = 1 \end{cases}$

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

2. L'oxydant est Fe_2O_3;
3. le réducteur est CO.
4.

4.1 $\frac{n_{(CO)}}{3} = n_{(Fe_2O_3)} \Rightarrow V_{(CO)} = 3\frac{m_{(Fe_2O_3)}}{M_{(Fe_2O_3)}}V_m = 4{,}2.10^5\ L$

4.2 $m_{(Fe)} = \frac{57\, m_{(Fe_2O_3)}}{100} = 570kg = 0{,}57\ t$

IV. DOCUMENTATION

DU MINERAI DE FER A L'ACIER

La plupart des minerais de fer que l'on exploite pour préparer ce métal contiennent de l'oxyde de fer (III) Fe_20_3 mélange a de la terre, qui constitue la gangue.

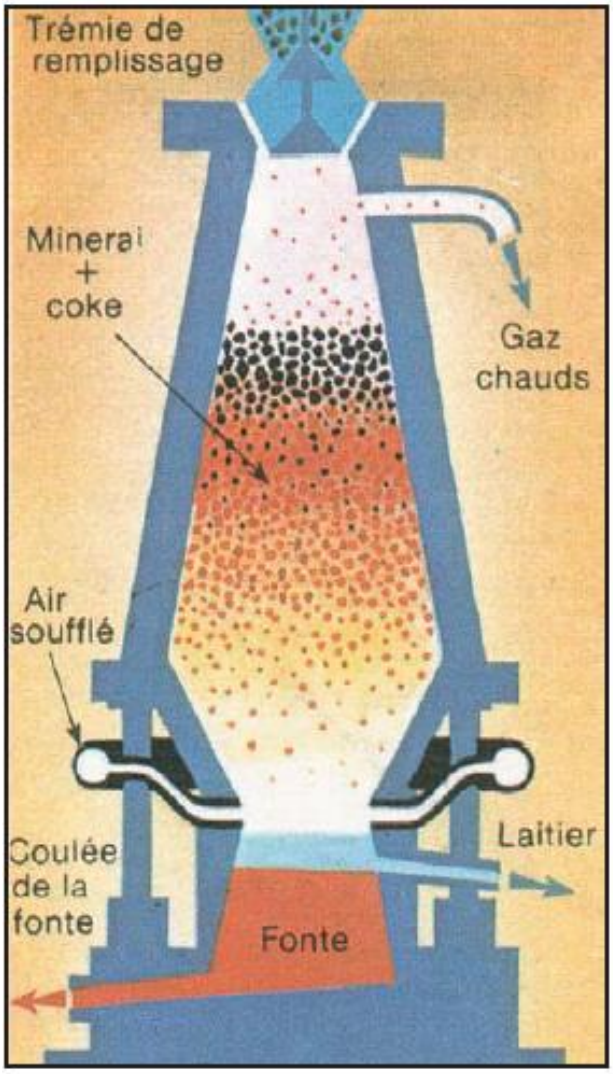
Le réducteur utilise est le monoxyde de carbone CO. Ce gaz est le produit de la combustion du carbone à température élevée. Les réactions qui se produisent lorsqu'on met en présence Fe_2O_3 et CO sont complexes. On peut traduire le bilan de ces réactions par l'équation :

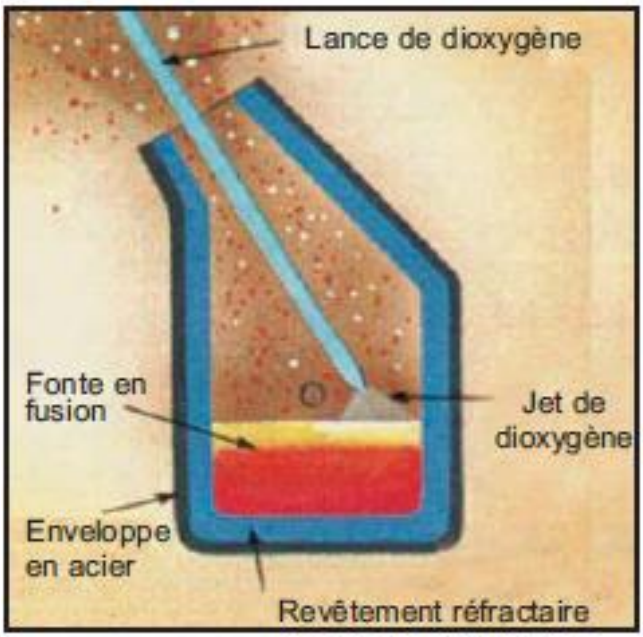
$$3\ CO + Fe_2O_3 \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$$

La réduction de Fe_2O_3 par CO a lieu dans un haut fourneau. On introduit par la partie supérieure, le gueulard, un mélange solide contenant: le minerai de fer, du coke et une substance appelée fondant. Au cours de leur descente dans le haut fourneau :

- le coke (carbone pratiquement pur) brule et donne naissance au monoxyde de carbone CO ;
- le fondant se combine a la gangue pour former un produit appelé laitier ;
- le minerai de fer est réduit par le monoxyde de carbone, ce qui donne du fer.

Outre le carbone, les fontes contiennent, en proportions variables suivant l'origine du minerai, du silicium, du manganèse, du soufre, du phosphore... Tous ces corps sont plus facilement oxydables que le fer. L'élimination de toutes ces impuretés (y compris le carbone) est réalisée en les oxydant, le plus souvent par soufflage d'air ou d'oxygène pur à travers la fonte liquide.





Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THÈME : OXYDORÉDUCTION

TITRE DE LA LEÇON : ELECTROLYSE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Au cours d'un documentaire télévisé portant sur la fabrication de couverts de table, des élèves de la 1ère C du Lycée Moderne Arsène Assouan Usher de Grand-Lahou apprennent que certains couverts (cuillères, fourchettes et couteaux) sont étamés par électrolyse d'une solution contenant des ions étain (Sn^{2+}). Pour comprendre ce phénomène, ils en parlent à leur Professeur de Physique-Chimie. Ensemble, ils se proposent d'interpréter l'électrolyse de quelques solutions, d'écrire les équations-bilans des réactions chimiques et de connaître quelques-unes de ses applications.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Électrolyse

L'électrolyse est l'ensemble des réactions chimiques qui se produisent lors du passage du courant électrique dans une solution.

La solution utilisée est appelée un électrolyte.

2. Électrolyse de la solution aqueuse d'acide sulfurique (H_2SO_4)

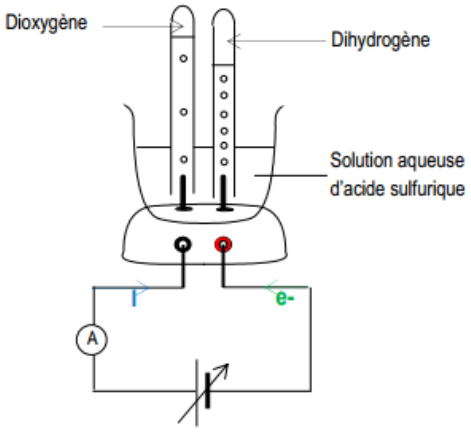
2.1. Expérience et observations.

Dans un électrolyseur à électrodes de platine, on verse une solution d'acide sulfurique.

Faisons passer un courant électrique dans l'électrolyseur.

Il se produit un dégagement gazeux à chaque électrode.

- A l'anode : le gaz recueilli rallume une bûchette présentant un point incandescent.
- A la cathode : le gaz qui se dégage brûle avec une petite détonation.



2.2. Interprétation

À l'anode, il se dégage du dioxygène O_2 obtenu par l'oxydation de l'eau

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$

A la cathode, il se dégage du dihydrogène H_2 obtenu par la réduction de l'ion hydronium.

$$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$$

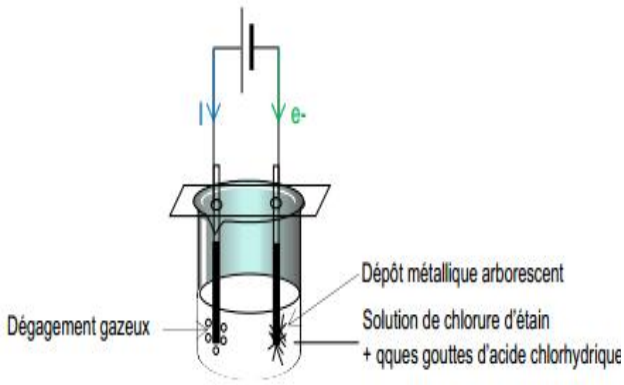
L'équation-bilan est donc : $\mathbf{2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2}$

3. Électrolyse de la solution de chlorure d'étain ($SnCl_2$)

3.1. Expérience et observation

Dans un électrolyseur à électrodes de graphite, versons une solution acidifiée de chlorure d'étain.
Faisons passer un courant électrique dans l'électrolyseur.
On observe :

- A l'anode : des bulles gazeuses apparaissent. Une goutte d'indigo versée se décolore.
- A la cathode : un dépôt métallique arborescent apparait.



3.2. Interprétation

À l'anode : les ions chlorure Cl^- sont oxydés en dichlore Cl_2 en cédant des électrons.

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$

À la cathode : l'arborescence métallique formée est l'étain Sn. Les ions étain Sn^{2+} sont réduits pour former l'étain Sn en captant des électrons

$$Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn$$

L'équation bilan de l'électrolyse de la solution de chlorure d'étain $SnCl_2$ produit les corps simples Sn et Cl_2 selon l'équation suivante :

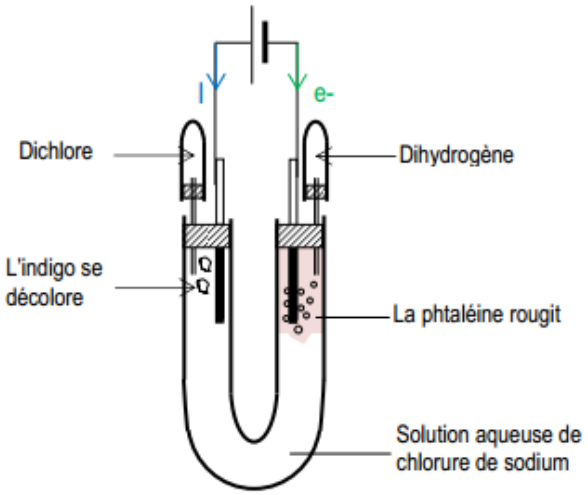
$$\mathbf{Sn^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow Sn + Cl_2}$$

4. Électrolyse de la solution de chlorure de sodium (NaCl)

4.1. Expérience et observations

Versons dans un tube en U, une solution aqueuse de chlorure de sodium. Les électrodes utilisées sont en graphite.
On fait les observations suivantes :

- À l'anode: on observe une décoloration de l'indigo.
- À la cathode : il a y a un dégagement gazeux. Quelques gouttes de phénolphtaléine versées vire au rose, indiquant que le pH du compartiment cathodique est devenu basique.



4.2. Interprétation

A l'anode : la décoloration de l'indigo indique la présence de dichlore (Cl_2). Les ions chlorure Cl^- sont oxydés en dichlore en cédant des électrons.

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$$

A la cathode, l'eau s'est réduite en dihydrogène et ions hydroxyde (basiques).

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$

L'équation bilan de l'électrolyse de la solution de chlorure de sodium NaCl produit les corps simples H_2 et Cl_2 selon l'équation suivante :

$$2H_2O + 2Cl^- \longrightarrow H_2 + Cl_2 + 2OH^-$$

5. Électrolyse et réaction d'oxydoréduction

La réaction d'oxydoréduction est spontanée, alors que celle de l'électrolyse ne l'est pas ; elle est provoquée ou forcée. L'énergie électrique absorbée permet d'inverser les sens des transformations naturelles du système formé par les couples oxydant-réducteurs.

6. Importance de l'électrolyse

L'électrolyse a un intérêt économique ; on la rencontre dans les industries chimiques. On l'utilise pour préparer certains produits non abondant dans la nature. Elle permet la protection des métaux par dépôt de couche métallique (galvanoplastie), la purification de certains métaux précieux comme l'or (électrolyse à anode soluble).

Situation d'évaluation

Un élève de 1ère C du Lycée Moderne Arsène Assouan Usher de Grand-Lahou dispose d'une bague en cuivre. Après quelques années d'utilisation, la teinte de la bague est devenue terne. Pour la protéger contre la corrosion, l'élève sollicite un bijoutier qui décide de réaliser l'électrolyse d'une solution de chlorure d'argent avec cette bague.

L'élève te sollicite pour lui expliquer la démarche du bijoutier

1- Nomme les électrodes qu'il doit utiliser.
2- Écris :
   2.1-les demi-équations qui ont lieu aux électrodes.
   2.2-l'équation-bilan de la réaction.
3- Explique comment le bijoutier protège la bague contre la corrosion.

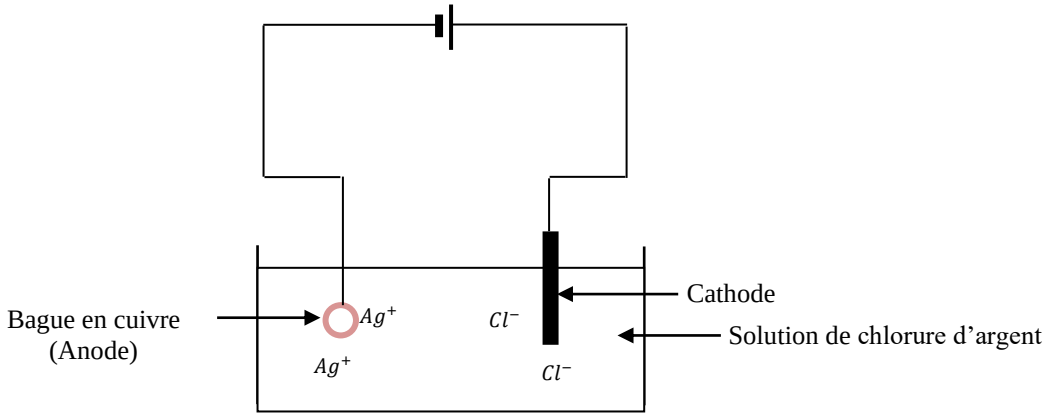
Solution

1. Les électrodes à utiliser : A l'anode, il faut une électrode de graphite et à la cathode la bague en cuivre à argenter.
2. 2.1 Les démis équations :
   - A l'anode : $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$
   - A la cathode : $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$

   2.2 Equation-bilan : $2Ag^+ + 2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2Ag$

3. Schéma annoté de l'électrolyse.

Au cours de l'électrolyse, l'argent métallique formé recouvre la bague.



III. EXERCICES

Exercice 1

Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants :

Réduction / l'inverse / oxydation / réducteur le plus fort / réduit / l'oxydant /

L'électrolyse est une réaction d'oxydoréduction provoquée par le courant électrique. Elle est ……(1)…… de la réaction d'oxydoréduction spontanée. Au cours d'une électrolyse, il se produit toujours une ……(2)…… à la cathode et une ……(3)…… à l'anode. Pour les espèces chimiques présentes dans l'électrolyte, c'est le ……(4)…… qui est oxydé et ……(5)…… le plus fort qui est ……(6)…….

Solution

1. L'inverse
2. Réduction
3. Oxydation
4. Réducteur le plus fort
5. L'oxydant
6. Réduit.

Exercice 2

Recopie chacune des phrases ci-dessous en choisissant le terme correct parmi les deux qui sont proposés en gras.

1) Au cours de l'électrolyse, les cations migrent vers **l'anode / la cathode.**

2) Lors d'une électrolyse, il se produit une **oxydation / réduction** à la cathode.

3) La réaction chimique qui a lieu au cours d'une électrolyse est **naturelle / non naturelle.**

Solution

1) Au cours de l'électrolyse, les cations migrent vers **la cathode.**

2) Lors d'une électrolyse, il se produit une **réduction** à la cathode.

3) La réaction chimique qui a lieu au cours d'une électrolyse est **non naturelle.**

Exercice 3

Lors de l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure d'étain, on observe un dépôt métallique brillant sur la cathode et des bulles de gaz du côté de l'anode.

1. Interprète les résultats obtenus au cours de cette électrolyse.
2. Ecris :
   2.1. l'équation de la réaction qui a lieu à chaque électrode ;
   2.2. l'équation-bilan de la réaction qui a lieu lors de l'électrolyse.

Solution

1. Interprétation :

- à l'anode, le gaz est du dichlore obtenu par oxydation des ions chlorure (Cl^-);
- à la cathode, le dépôt métallique est de l'étain obtenu par réduction des ions étain II (Sn^{2+})

2.

2.1. Equations aux électrodes :

- à l'anode : $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$;
- à la cathode : $Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn$

2.2. Equation-bilan

$$2Cl^- + Sn^{2+} \longrightarrow Cl_2 + Sn$$

Exercice 4

Lors d'une sortie détente de votre classe dans une usine de production de plaques métalliques, un ouvrier vous présente son projet : Il veut déposer sur une plaque métallique, pour la protéger contre la corrosion, du cuivre, puis du nickel. Il vous décrit le processus opératoire ainsi :

Dans un électrolyseur, il verse :

V_1 = 100 mL d'une solution de sulfate de cuivre II de concentration C_1.

V_2 = 250 mL d'une solution de sulfate de nickel II de concentration C_2 et de l'acide sulfurique.

La pièce métallique constitue la cathode. L'électrolyse contrôlée (choix correct de la valeur de la tension U à appliquer entre les électrodes) donne à l'anode un dégagement de dioxygène et sur la pièce métallique un dépôt de cuivre pour une tension U_1 entre les électrodes, puis le nickel pour une autre tension U_2. Pour U_1, il s'est déposé m_1 = 0,32 g de cuivre et pour U_2, se dépose m_2 = 0,20 g de nickel après la disparition totale des ions métalliques.

Donnés : $E°(Cu^{2+}/Cu)$ = 0.34 V ; $E°(Ni^{2+}/Ni)$ = - 0.25 V ; $E°(O_2/H_2O)$ = 1.11 V pour pH = 2.

De retour en classe, votre professeur vous demande de déterminer les concentrations molaires des solutions utilisées et d'expliquer l'ordre de dépôt des métaux.

Etant élève de la classe, tu es invité pour déterminer les valeurs de C_1 et C_2.

1. Ecris l'équation-bilan qui a lieu à la cathode pour ;
   1.1. La tension U_1 ;
   1.2. La tension U_2.
2. Détermine la quantité de matière de :
   2.1 de cuivre déposé ;
   2.2 de nickel déposé.
3. Détermine les valeurs des concentrations :

3.1 C_1 de la solution de sulfate de cuivre ;

3.2 C_2 de la solution sulfate de nickel.

4. Dis pourquoi le cuivre se dépose avant le nickel.

Solution

1.1. Cu^{2+} : $Cu^{2+} + 2\,e^- \longrightarrow Cu$

1.2. $Ni^{2+} + 2\,e^- \longrightarrow Ni$

1.

2.1 $n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{0,32}{63,5} = 5.10^{-3}$mol

2.2 $n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{0,2}{58,7} = 3,4.10^{-3}$mol

2.

3.1 $C_1 = \frac{n_1}{V_1} = 5.10^{-2}$mol/L

3.2 $C_2 = \frac{n_2}{V_2} = 1,36.10^{-2}$mol/L

3.

• la tension minimale à appliquer pour que le cuivre se dépose est donnée par la relation est :
$U \geq E^0(O_2/H_2O) - E^0(Cu^{2+}/Cu)$ soit $U \geq 0,77$ V

•La tension minimale pour que le nickel se dépose est donnée par la relation :
$U \geq E^0(O_2/H_2O) - E^0(Ni^{2+}/Ni) \geq 1,36$ V

Pour $0,77\text{ V} \leq U \leq 1,36$ V ; il ne se dépose que du cuivre.

Pour $U \geq 1.36$ V ; il se dépose du nickel si tout le cuivre est déjà déposé.

Exercice 5

Lors d'une visite du club de physique dans une bijouterie proche de votre école, un groupe d'élèves trouve le bijoutier en train de déposer, par électrolyse, une couche d'épaisseur h = 7mm d'argent sur une plaque métallique de zinc de surface S = 12 cm^2. L'opération se fais avec un générateur de courant qui délivre une intensité I = 1 A et une solution de chlorure d'argent. Le bijoutier informe le groupe que l'argent a une masse volumique ρ_{Ag} = 8900 $kg.m^{-3}$.

Par contrainte de temps, le groupe retourne en classe avant la fin de l'opération.

Le professeur leur demande alors de déterminer la durée de l'expérience.

Données : ℕ(nombre d'Avogadro) = 6,02 10^{23} mol^{-1} ; e = 1,6 10^{-19} C ; M(Ag) = 108 $g.mol^{-1}$

Etant membre du groupe, tu sollicité pour cette détermination.

1. Donne La constitution des électrodes de l'électrolyseur.
2. Ecris :
   2.1 les équations aux électrodes ;
   2.2 l'équation bilan de la réaction d'électrolyse.
3. Détermine la masse d'argent métallique à déposer sur la plaque de zinc.
4. Détermine :
   4.1 la quantité d'électricité qui traverse le circuit pendant cette électrolyse
   4.2 la durée de l'opération d'électrolyse.

Solution

1. La cathode peut être en graphite mais l'anode doit être liée à la plaque de zinc.
2. A l'anode : $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$
   A la cathode : $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$

2.2 Equation-bilan : $2Ag^+ + 2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2Ag$

3. Masse d'argent : m(Ag) = ρ_{Ag}.S.h. = 7476.10^{-5} kg soit 74,76 g
4. 4.1. A partir de la ½ équation électronique à la cathode :
   $n_{Ag} = n_{e-} \Longrightarrow \frac{m_{Ag}}{M_{Ag}} = \frac{q}{\mathbb{N}.e}$ soit q = $\frac{\mathbb{N}.e.m_{Ag}}{M_{Ag}}$ = 7200 C.
   4.2. On a q = I.Δt $\Longrightarrow \Delta t = \frac{q}{I}$ =7200 s = 20 h

IV. DOCUMENTATION

L'électrolyse un processus largement répandu. Malgré son coût énergétique, l'électrolyse est largement utilisée dans l'industrie chimique, notamment pour préparer et purifier des métaux et non-métaux. D'autres applications jouent également un rôle important dans l'industrie de l'électrolyse. Les procédés de fabrication d'aluminium Al, de dichlore Cl_2, de dihydrogène H_2 ou d'eau oxygénée H_2O_2 utilisent cette technologie. L'électrolyse trouve aussi sa place dans d'autres domaines comme ceux de la protection contre la corrosion ou de la conservation d'anciens objets (en archéologie notamment). Cette activité a pour but de décrire le fonctionnement d'une électrolyse et d'illustrer ses domaines d'applications.

Niveau : 1ères CD

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 1 : MECANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Sur le chemin de l'école, deux élèves de la 1ère C du Lycée Moderne Leboutou aperçoivent sur la route du lycée un tracteur qui doit tirer un camion qui a fait une chute dans un gros ravin. L'un s'interroge en disant: « Ce tracteur est-il assez **puissant** pour effectuer ce **travail** ? ». L'autre réplique : « cela dépend de la **force** que le tracteur peut appliquer au camion et de la hauteur de la chute!». Une discussion s'engage alors entre les deux élèves jusqu'à l'école. En classe, ils informent leurs camarades. Sous la conduite du professeur, ils décident de s'informer sur le travail et puissance d'une force.

II. CONTENU DE LA LECON

1. TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE :

1.1. Travail d'une force constante au cours d'un déplacement rectiligne :

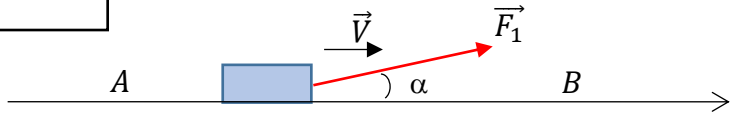
1.1.1. Définition

Le travail de la force constant $\vec{F}$ au cours du déplacement rectiligne $\overrightarrow{AB}$ est égal au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$:

$$\boxed{W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}}$$

$$W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = \|\vec{F}\|.\|\overrightarrow{AB}\|\cos(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$$

$$W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB.\cos\alpha \quad \text{avec } \alpha = (\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$$



1.1.2. Unité du travail

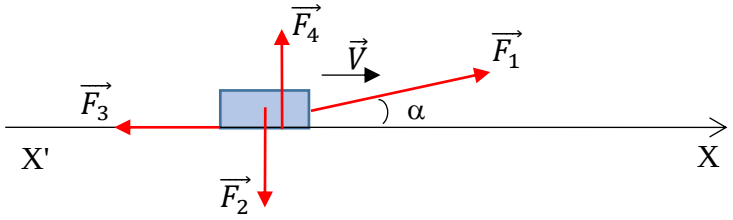
L'unité S.I du travail est le **joule** (J).

1.1.3. Le Travail : une grandeur algébrique

- **1er cas :** $\alpha < 90°$; $\cos\alpha > 0$: $W_{AB}(\vec{F}) > 0$: Le travail est dit **moteur.**
- **2ème cas :** $\alpha = 90°$; $\cos\alpha = 0$: $W_{AB}(\vec{F}) = 0$: Le travail est **nul.**
- **3ème cas :** $90° < \alpha < 180°$; $\cos\alpha < 0$: $W_{AB}(\vec{F}) < 0$: Le travail est dit **résistant.**

Activité d'application

Donne la nature du travail de chacune des forces représentées lorsque le solide se déplace dans le sens du vecteur-vitesse $\vec{V}$.



Résolution

Le travail de la force $\vec{F_1}$ est moteur.

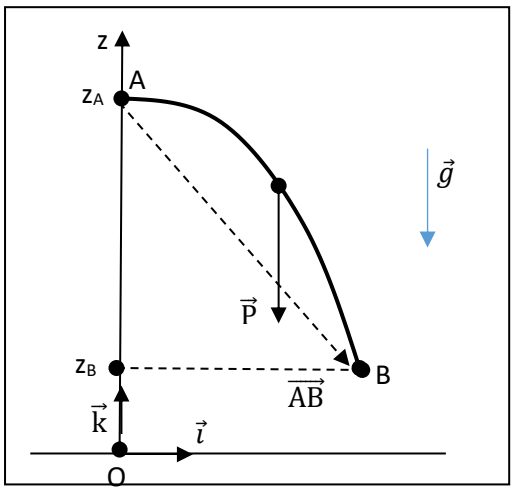
Le travail de la force $\vec{F_2}$ est nul.

Le travail de la force $\vec{F_3}$ est résistant.

Le travail de la force $\vec{F_4}$ est nul.

1-2. Travail d'une force constante au cours d'un déplacement quelconque

1.2.1. Travail du poids



Un solide se déplace du point A (altitude z_A) au point B (altitude z_B). L'axe des côtes est ascendant.

$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB} = m.\vec{g} \cdot \overrightarrow{AB}$

Dans le repère $(O,\vec{\imath},\vec{k})$: $\vec{\imath}.\vec{k} = 0$

$\vec{g} = -g\vec{k}$

$\overrightarrow{AB} = (x_A - x_B)\vec{\imath} + (z_B - z_A)\vec{k}$

$W_{AB}(\vec{P}) = -mg\vec{k}\left[(x_B - x_A)\vec{\imath} + (z_B - z_A)\vec{k}\right]$

$\Rightarrow$ **$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$**

ou **$W_{AB}(\vec{P}) = mg\Delta z$**

1.2.2. Conclusion

Le travail du poids d'un corps ne dépend pas du chemin suivi, mais uniquement des positions de départ et d'arrivée de son point d'application**.**

Activité d'application

L'expression du travail du poids d'un solide de masse m se déplaçant d'un point A à un point B, l'axe des côtes étant ascendant est:

Propositions	Solution
mgAB	
$mg(z_A - z_B)$	
$mg(z_B - z_A)$	
-mgAB	

Mets une croix dans la case correspondant à la bonne réponse.

Solution

Propositions	Solution
mgAB	
$mg(z_A-z_B)$	X
$mg(z_B-z_A)$	
-mgAB	

2. PUISSANCE D'UNE FORCE CONSTANTE

2.1. Puissance moyenne

Une force $\vec{F}$, effectuant un travail $W(\vec{F})$ pendant la durée Δt, développe une puissance moyenne :

$$P_m = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$$

- **Unité :** $W(\vec{F})$ en **joule** (J) ; Δt en s et P_m en **watt** (symbole : W)

2.2. Puissance instantanée :

Considérons une force constante $\vec{F}$ dont le point d'application subit un déplacement élémentaire $\delta\ell$ pendant un temps très bref δt. La puissance de $\vec{F}$ pour l'intervalle de temps δt très petit est appelée **puissance instantanée**.

$p = \frac{\delta W}{\delta t} = \frac{\vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell}}{\delta t} = \vec{F}.\frac{\overrightarrow{\delta\ell}}{\delta t}$. Posons $\frac{\overrightarrow{\delta\ell}}{\delta t} = \vec{v}$: vitesse instantanée du point d'application de $\vec{F}$.

$\Rightarrow P = \overrightarrow{F}.\vec{V}$

Activité d'application

Une grue déploie une force de valeur F = 1 000 N pour soulever verticalement une charge pendant une durée Δt = 50 s. La variation d'altitude au cours de la montée est Δz = 30 m.

1- Calcule le travail du poids $W(\overrightarrow{P})$ de la charge.

2- Calcule la puissance moyenne P_{moy} du poids de la charge.

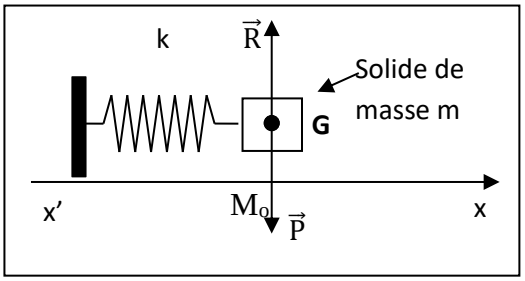
Résolution

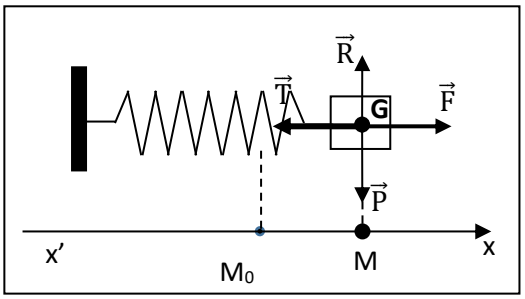
1- Le travail de la force $\vec{F}$ est $W(\overrightarrow{F}) = F.\Delta z = 1000 \times 30 = 30\,000$ J.

2- La puissance de la force $\vec{F}$ est : $P_{moy} = \frac{W(\overrightarrow{F})}{\Delta t} = \frac{30000}{50} = 600$ W.

3. TRAVAIL DE LA TENSION D'UN RESSORT

3.1. Tension d'un ressort ou force de rappel :





• Le système {ressort-solide} repose sur un plan horizontal sans frottements.

A l'équilibre au point M_o : $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$.

• On exerce sur le solide une force $\vec{F}$ constante selon la direction x'x en étirant le ressort. Le ressort s'allonge d'une longueur **x**. Le solide est alors maintenu immobile sous l'effet de la force $\vec{F}$ exercée par l'opérateur et d'une force $\vec{T}$ exercée par le ressort tel que : $\vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$

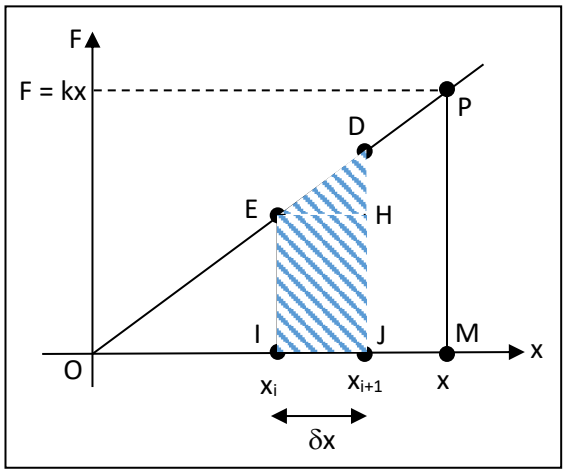
$$\overrightarrow{MoM} = x\,\vec{\imath}$$

$\vec{F} = kx\,\vec{\imath}$ et $\vec{T} = -kx\,\vec{\imath}$

$\vec{T}$ est **la tension du ressort**.

Les forces T et F sont proportionnelles à l'allongement telles que : **T = F = k.x**.

3.2. Travail élémentaire de la tension :



Soit **M_0M = x**, l'allongement subi par le ressort. Partageons x en n déplacements élémentaires **δℓ**. Le vecteur-force $\vec{F}$ peut être considéré constant sur chaque déplacement élémentaire :

Le travail élémentaire est : $\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell}$.

$F_x = F = k.x$; $\delta\ell_x = \delta x$, donc **$\delta W = k.x.\delta x$**.

Le nombre qui mesure δW est égal au nombre qui mesure l'aire du trapèze IJDE hachuré, pratiquement égale à l'aire du rectangle IJHE car δx est très petit.

Au cours de ce même déplacement, le travail élémentaire de la tension est : **$\delta W' = -k.x.\delta x$.**

3.3. Expression du travail de la tension d'un ressort:

Au cours du déplacement de M_0 (ou O) en M, le travail de la force $\vec{F}$ est : $W_{OM}(\vec{F}) = \sum \delta W$.

Ce travail correspond à la somme des aires des petits trapèzes juxtaposés.

Cette somme est égale à l'aire du triangle rectangle OMP de côtés x et kx:

$W_{OM}(\vec{F}) = \frac{1}{2}kx.x = \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow \boldsymbol{W(\vec{F}) = \frac{1}{2}kx^2}$

• **Le travail de la tension est** : $\boldsymbol{W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}kx^2}$

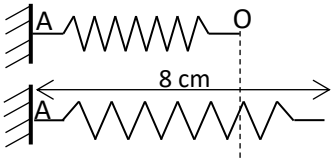
Conclusion :

L'expression du travail de la tension d'un ressort de raideur k, dont l'allongement passe progressivement de x_1 à x_2 est : $\boldsymbol{W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)}$

Activité d'application

Un ressort à spires non jointives d'axe horizontal a une constante de raideur k = 25 N.m^{-1}. L'une de ses extrémités est fixée en A, l'autre libre est au point O à l'équilibre.

Le ressort initialement au repos est allongé de 8 cm par un opérateur.



1. Détermine le travail W($\vec{T}$) de la tension $\vec{T}$ du ressort dans les cas suivants:
   1.1 Lorsque le ressort est allongé de la position d'équilibre jusqu'à 8 cm;
   1.2 Lorsque le ressort est allongé de 3 cm jusqu'à 8 cm.
2. Déduis-en le travail de l'opérateur de la position d'équilibre jusqu'à l'allongement de 8 cm.

Solution

1.1 Travail de la tension du ressort à partir de la position d'équilibre.

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}\times 25\times(0{,}08^2 - 0) = -8.10^{-2}$ J

1.2 Travail de la tension du ressort à partir de 3 cm.

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}\times 25\times(0{,}08^2 - 0{,}03^2) = -6{,}9.10^{-2}$ J

2. Le travail effectué par l'opérateur est l'opposé du travail de la tension du ressort lorsque le ressort est allongé de la position d'équilibre jusqu'à 8 cm

$W(\vec{F}) = -W(\vec{T}) = \frac{1}{2}\times 25\times(0{,}08^2 - 0) = 8.10^{-2}$J

SITUATION D'EVALUATION

Sur un chantier de construction, une caisse de masse m = 60 kg supposée ponctuelle est posée sur un plan incliné d'un angle α = 20° par rapport à l'horizontale. En visite sur ce chantier, votre camarade observe un ouvrier la tirer sur une distance ℓ = AB = 11,5 m à l'aide d'une corde.

Au cours de son déplacement, la caisse est soumise aux forces constantes suivantes : $\vec{T}$ tension de la corde, de valeur T = 500 N ; $\vec{P}$ poids de la caisse ; $\vec{R}$ la réaction du plan avec $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$

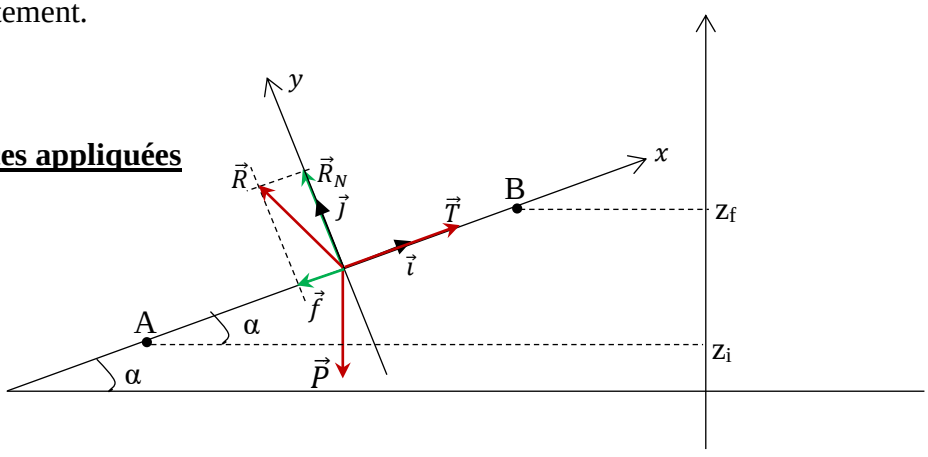
On prendra g = 10N/kg ; R_T = f = 50 N.

Ton camarade te sollicite pour déterminer le travail de la force de frottement subie par la caisse au cours de son déplacement.

1. Représente sur un schéma les forces qui s'exercent sur la caisse.
2. Indique la nature du travail de chaque force. Justifie ta réponse.
3. Détermine le travail:
   3.1 du poids $\vec{P}$ de la caisse ;
   3.2 de la tension $\vec{T}$ de la corde ;
   3.3 de la force de frottement.

Résolution

1- Représentation des forces appliquées



2- <u>Nature des travaux</u>

Le travail de la tension $\vec{T}$ est moteur car elle contribue au déplacement de la caisse.

Les travaux du poids $\vec{P}$ et de la force de frottement $\vec{f} = \vec{R}_T$ sont résistants, car les deux forces s'opposent à la montée de la caisse.

3- <u>Calcul des travaux:</u>

3.1 $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_i - z_f) = 60\times10\times(0 - 11{,}5\sin20°) = -2\,360$ J ;

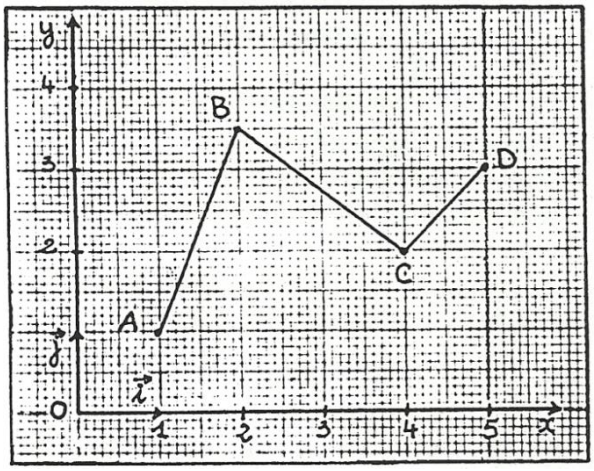
3.2 $W_{AB}(\vec{T}) = \vec{T}.\overrightarrow{AB} = -T.AB = 500\times11{,}5 = 5\,750$ J;

3.3 $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}\,.\overrightarrow{AB} = -f.AB$

$W_{AB}(\vec{f}) = -50\text{x}11{,}5 = -575$ J

III. EXERCICES

Exercice 1



Le point d'application d'une force $\vec{F}$ se déplace selon le trajet ABCD repéré dans le plan à l'aide d'un repère orthonormé (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$). L'unité de longueur est le mètre. Cette force est constante et a pour expression

$\vec{F} = 200\,\vec{i} - 100\,\vec{j}$ (en N).

1. Calcule $W_{AB}(\vec{F})$, $W_{BC}(\vec{F})$ et $W_{CD}(\vec{F})$ ainsi que la somme $W(\vec{F})$ de ses travaux.
2. Calcule $W_{AD}(\vec{F})$.
3. Compare $W(\vec{F})$ et $W_{AD}(\vec{F})$.
   Dis si l'on pouvait prévoir ce résultat ou pas. Justifie.

<u>Solution</u>

1. <u>Les différents travaux.</u>

$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$; $W_{AB}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j}).(\vec{i} + 2{,}5.\vec{j}) = -50$ J

$W_{BC}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j}).(2.\vec{i} - 1{,}5.\vec{j}) = 550$ J

$W_{CD}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j}).(\vec{i} + \vec{j}) = 100$ J ;

La somme des travaux est:

$W(\vec{F}) = -50 + 550 + 100 = 600$ J

2. **<u>Calcul du travail sur le trajet *AD*.</u>**

$W_{AD}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j})(4.\vec{i} + 2.\vec{j}) = 600$ J

3. <u>Comparaison entre $W(\vec{F}) = W_{AD}(\vec{F})$</u>

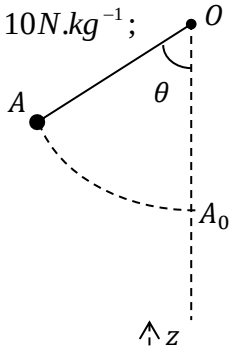
On a : $W(\vec{F}) = W_{AD}(\vec{F})$

Justification. $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD} = \overrightarrow{AD}$.

On pouvait bien prévoir ce résultat car le travail d'une force constante ne dépend pas du trajet suivi.

Exercice 2

Un pendule est constitué d'un fil inextensible à l'extrémité A duquel se trouve une petite bille de masse m. L'autre extrémité O du fil est fixe. On écarte le pendule de sa position d'équilibre verticale OA_0, d'un angle θ, et on l'abandonne sans vitesse. La bille décrit alors l'arc $A\overset{\frown}{A}_0$. On donne : $g = 10N.kg^{-1}$; $m = 100g$; $OA = OA_0 = l = 40cm$; $\theta = 60^\circ$



Détermine le travail :

1- de la tension du fil lors du déplacement $A\overset{\frown}{A}_0$.

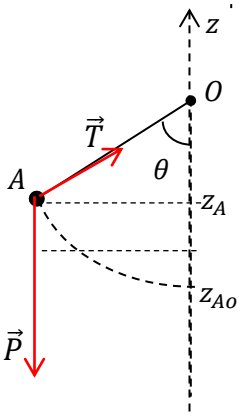
2- du poids de la bille au cours du même déplacement $A\overset{\frown}{A}_0$.

Solution

1. Détermination du travail de la tension $\vec{T}$ du fil lors du déplacement $A\overset{\frown}{A}_0$.

$W(\vec{T}) = 0$ J car la tension $\vec{T}$ est orthogonale au déplacement $A\overset{\frown}{A}_0$.

2. Détermination du travail de la tension $\vec{T}$ du fil lors du déplacement $A\overset{\frown}{A}_0$.



$W(\vec{P}) = mg(z_A - z_{A_0})$

$z_A = -OA\cos\theta = -l\cos\theta$

$z_{A_0} = -OA_0 = -l$

$z_A - z_{A_0} = -l\cos\theta + l = l(1 - \cos\theta)$

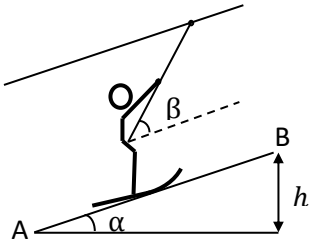
$W(\vec{P}) = mgl(1 - \cos\theta)$

$W(\vec{P}) = 0{,}1 \times 10 \times 0{,}4 \times (1 - \cos 60°) = 0{,}2\,J$

Exercice 3

Une skieuse est tirée à vitesse constante par un remonte-pente, sur une piste verglacée rectiligne, de longueur L = 300 m et faisant un angle α = 20° avec l'horizontale.
La tige du remonte-pente fait un angle β= 30° avec la direction de la piste.
La masse de la skieuse équipée est m = 58 kg.
Les frottements que la piste oppose au mouvement sont négligeables.
La force exercée par la tige est parallèle à sa direction. On prendra g = 9,8 N.kg^{-1} comme valeur de l'intensité de la pesanteur.

1. Enonce le principe de l'inertie
2. Fais le bilan des forces qui s'exercent sur la skieuse et représente-les sur un schéma.
3. Exprime le travail de chacune de ces forces sur le déplacement AB.
4. Détermine la valeur de la force de traction exercée par la tige.



Corrigé

1. Dans certains référentiels appelés référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un solide isolé ou pseudo isolé a un mouvement rectiligne uniforme s'il est en mouvement ou il reste au repos s'il est initialement immobile.

2.

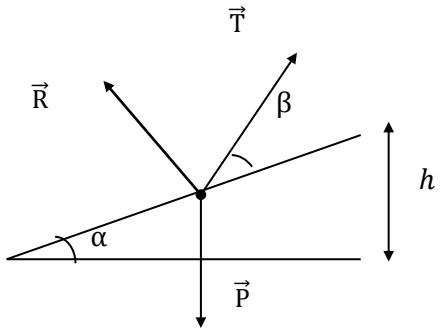
Système : la skieuse

Bilan des forces :

$\vec{P}$: le poids de la skieuse

$\vec{T}$: la tension de la tige

$\vec{R}_N$: la réaction normale de la piste verglacée



3.

- $W_{AB}(\vec{R}_N) = 0$ J car $\vec{R}_N \perp \overrightarrow{AB}$
- $W_{AB}(\vec{P}) = -\,m\,g\,h = -m\,g\,L\sin\alpha$
- $W_{AB}(\vec{T}) = \vec{T}.\overrightarrow{AB} = T\,L\cos\beta$

4. La skieuse est tirée à vitesse constante ; d'après le principe de l'inertie : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R}_N = \vec{0}$

D'où : $W(\vec{P}) + W(\vec{T}) + W(\vec{R}_N) = 0$

Soit : $T\,L\cos\beta + 0 - m\,g\,L\sin\alpha = 0$

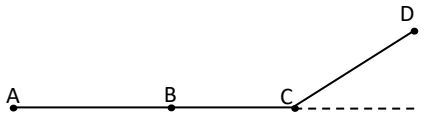
$T = \frac{m\,g\sin\alpha}{\cos\beta}$

AN : $T = \frac{58\times 9{,}8\times \sin 20°}{\cos 30}$

$T = 224{,}48$ N

Exercice 4

En visite sur le chantier de construction d'un foyer dans un lycée de votre localité, tu observes avec tes camarades de classe, un ouvrier qui tire à l'aide d'une corde, un wagonnet de masse m = 950 kg sur une piste ABCD afin de le placer sur un plateau élévateur. Le trajet ABCD est situé dans le plan vertical. (Voir figure ci-dessous).



Il exerce à travers la corde une force constante $\vec{F}$ d'intensité $F = 50$ N sur le wagonnet.

- La portion AB est horizontale et la corde est parallèle aux rails. Le mouvement de la charrette est rectiligne et uniforme de vitesse v = 54 km/h.
- La voie BC est toujours horizontale mais la corde fait un angle α avec la verticale. Le travail effectué par la force $\vec{F}$ est 4 kJ.
- La partie CD est un plan incliné : l'altitude s'élève à 2 m pour un parcours de 100 m. La corde est inclinée de α par rapport au plan incliné.

Les forces de frottement sont négligées.

Données : AB = 150 m ; g = 10 N/kg ; BC = 100 m ; CD = 165 m

Tu es désigné par tes camarades pour déterminer la puissance et le travail des forces qui s'exercent sur le wagonnet.

1. **<u>Etude sur la portion AB</u>**.

1.1 Fais le bilan des forces qui s'exercent sur le wagonnet et représente-les sur un schéma clair.
1.2 Calcule le travail :
- 1.2.1 de la force $\vec{F}$.
- 1.2.2 du poids du wagonnet.
- 1.2.3 de la réaction des rails sur wagonnet.

1.3 Calcule la puissance développée par la force $\vec{F}$?

2. **<u>Etude sur la portion BC</u>**

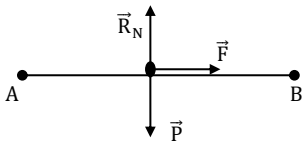
2.1 Représente les forces qui s'exercent sur le wagonnet sur un schéma clair.
2.2 Montre que l'angle α vaut 36,87°.

3. **<u>Etude sur la portion CD :</u>**

Calcule le travail :
3.1 du poids du wagonnet.
3.2 de la force $\vec{F}$.

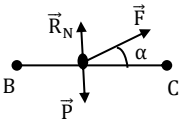
Solution

<u>Etude sur le trajet AB</u>



1. 1. <u>Système</u> : Le wagonnet
<u>Bilan des forces</u> :
$\vec{P}$: poids du wagonnet
$\vec{F}$: force motrice
$\vec{R}_N$: réaction normale de la piste .
2. $W_{AB}(\vec{F}) = F.AB = 7500J$
3. $W_{AB}(\vec{P}) = W_{AB}(\vec{R}_N) = 0J$ car $\vec{R}_N \perp \overrightarrow{AB}$ et $\vec{P} \perp \overrightarrow{AB}$
4. $\mathcal{P}(\vec{F}) = F.v = 750W$

<u>Etude sur le trajet BC</u>



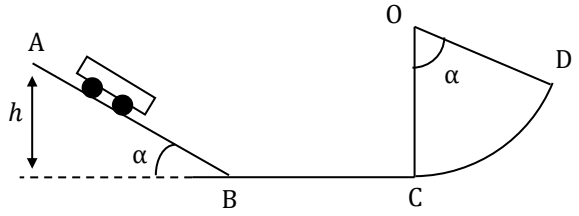
1. Voir schéma ci-contre
2. . $W_{BC}(\vec{F}) = F.BC.\cos\alpha$
Soit $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{W_{BC}(\vec{F})}{F.BC}\right) = 36,87°$.

<u>Etude sur le trajet CD</u>

$W_{CD}(\vec{P}) = -m\,g\,h$ avec $h = CD.\sin\alpha$
$W_{CD}(\vec{P}) = -m\,g\,.CD\,.\sin\beta$.
$\sin\alpha = 0,02 \Rightarrow W_{CD}(\vec{P}) = -30723$ J.

EXERCICE 5

Un groupe d'élève de 1ère scientifique qui prépare son prochain devoir, découvre la figure suivante dans un document.



Un chariot de masse m = 1kg se déplace long de la piste ABCD.

La piste comporte :

- Une partie rectiligne AB = 2m faisant avec l'horizontale un angle α = 30°.
- Une partie rectiligne et horizontale de longueur BC = 3 m.
- Une partie circulaire de rayon r = 1 m.

Au cours de son déplacement le chariot est soumis à l'action d'une force de frottement $\vec{f}$ d'intensité f = 1,23 N.

Ces élèves décident de calculer le travail de chacune des forces qui s'exerce sur le chariot.

Tu es le rapporteur du groupe.

Donnée: g=10 N/kg

1. Définis :
   1.1 Une force constante.
   1.2 Le travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne.
2. Calcule le travail du poids $\vec{P}$ sur chaque partie de la piste : AB, BC et CD. Déduis $W_{A\to D}(\vec{P})$ puis donne sa nature. Justifie.
3. Calcule les travaux:
   3.1 $W_{A\to D}(\vec{R}_N)$
   3.2 $W_{A\to D}(\vec{f})$
4. Donne la nature de $W_{A\to D}(\vec{f})$.Justifie.

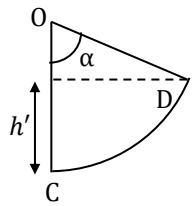
Solution

1. 1 Une force constante est une force dont la valeur, son sens, la direction et la norme ne change pas au cours du temps

1.2 Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force constante $\vec{F}$ lors d'un déplacement rectiligne de son point d'application de A à B est égal au produit scalaire de la force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$.

2.

- $W_{A\to B}(\vec{P}) = mgh = mg.AB.\sin\alpha$



A.N : $W_{A\to B}(\vec{P}) = 10$ J

- $W_{B\to C}(\vec{P}) = 0$ J
- $W_{C\to D}(\vec{P}) = -m\,g\,h' = -m\,g.r\,(1-\cos\alpha)$

A.N : $W_{C\to D}(\vec{P}) = -1{,}4$ J

- $W_{A\to D}(\vec{P}) = W_{A\to B}(\vec{P}) + W_{B\to C}(\vec{P}) + W_{C\to D}(\vec{P})$

A.N : $W_{A\to D}(\vec{P}) = 8{,}6$ J

Le travail est moteur car $W_{A\to D}(\vec{P}) > 0$

3.

3.1 $W_{A\to D}(\vec{R}_N) = 0$ car $\vec{R}_N \perp \overrightarrow{AD}$

3.2 $W_{A\to D}(\vec{f}) = W_{A\to B}(\vec{f}) + W_{B\to C}(\vec{f}) + W_{C\to D}(\vec{f})$

$W_{A\to D}(\vec{f}) = -f \times AB - f \times BC - f\, r\, \alpha.$

A.N : $W_{A\to D}(\vec{f}) = -6{,}79$ J

4. Le travail est résistant car $W_{A\to D}(\vec{f}) < 0$.

IV. DOCUMENTATION

En physique la **puissance** reflète la vitesse à laquelle un travail est fourni. C'est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. La puissance correspond donc à un débit d'énergie : si deux systèmes de puissances différentes fournissent le même travail, le plus puissant des deux est celui qui est le plus rapide.

Dans le système international, une puissance s'exprime en watts, ce qui correspond à des joules par seconde, ou de façon équivalente à des $kg.m^2.s^{-3}$. Une unité ancienne était le cheval vapeur, où la capacité de traction d'une machine à vapeur était comparée à celle d'un cheval de trait.

En tant que grandeur physique, la puissance reflète à la fois la notion de changement matériel dans l'univers, et du temps nécessaire à effectuer ce changement. La puissance se distingue en cela du travail, qui ne prend en compte que le changement, mais non la durée nécessaire.

Ainsi, par exemple, le même travail est effectué lorsqu'une charge pesante est transportée en haut d'un escalier, que le porteur le fasse en marchant ou en courant ; mais la puissance nécessaire dans ce second cas est beaucoup plus grande, d'autant plus que le délai d'accomplissement de ce travail est plus faible.

Un autre exemple paradoxal est que la « combustion complète » d'un kilogramme de charbon produit plus d'énergie que l'explosion d'un kilogramme de TNT : brûler du charbon produit de l'ordre de 15 à 30 mégajoules /kilogramme, tandis que l'explosion de TNT produit à peu près 4,7 MJ kg^{-1} La différence essentielle est en fait une différence de puissance : l'explosion du TNT étant beaucoup plus rapide que la combustion du charbon, la puissance du TNT est bien supérieure à celle du charbon à poids égal, bien que l'énergie intrinsèque du charbon soit supérieure à celle du TNT.

Source : Wikipédia

Niveau : 1ères CDE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME: ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ENERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE :

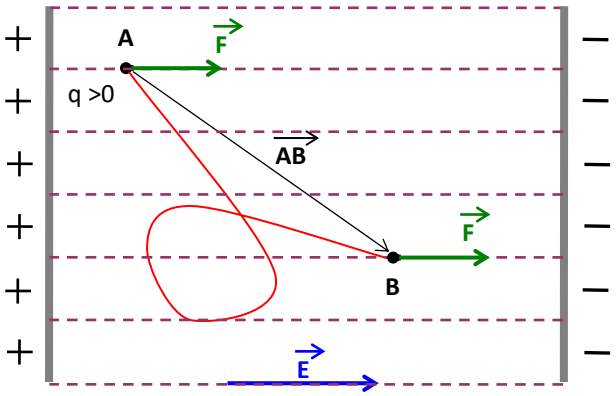
I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans un documentaire à la télévision, un élève en classe de 1ère C au Lycée municipal de GUITRY, apprend que : « Le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme est analogue au mouvement d'un projectile de masse m dans un champ de pesanteur. À partir du travail du poids, on définit l'énergie potentielle de pesanteur, de même l'énergie potentielle électrostatique est définie à partir de la force électrostatique.» Très intéressé par le sujet, cet élève veut s'informer davantage. Il se propose avec ses camarades de classe, sous la conduite de leur professeur, de connaître l'expression du travail de la force électrostatique dans un champ uniforme, de connaître l'expression de l'énergie potentielle électrostatique et d'utiliser ces relations.

II. CONTENU DE LA LECON

1. TRAVAIL D'UNE FORCE ELECTROSTATIQUE :

Une particule de charge électrique (q), placée dans un champ électrostatique $\vec{E}$ uniforme, subit la force électrostatique $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$.



Lorsque la force se déplace du point A au point B, le travail de la force $\vec{F}$ est :

$$W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = q\vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

=>

$$W^{\vec{F}}_{A\to B} = q \times E \times AB \times \cos(\vec{E}, \overrightarrow{AB})$$

J C V/m m

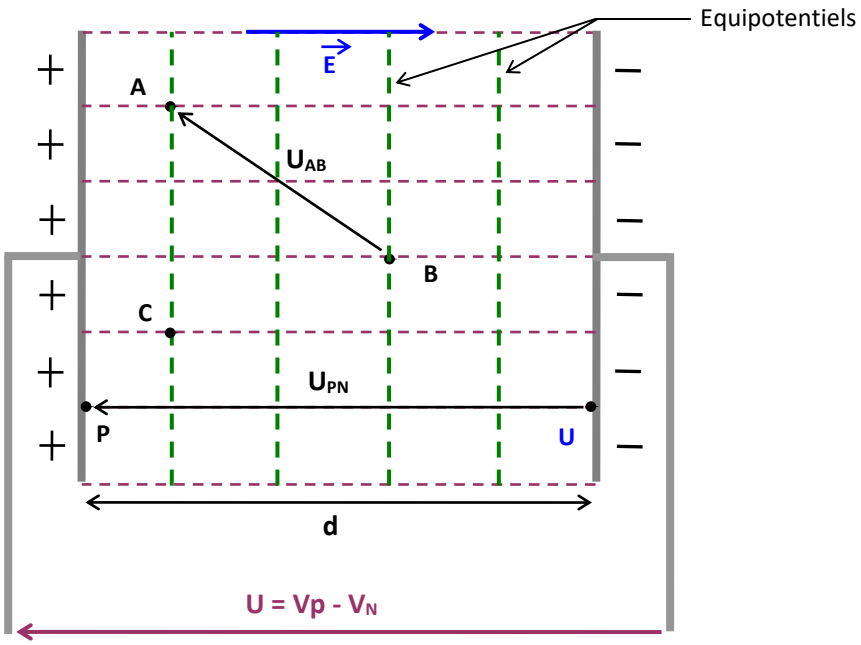
2. DIFFERENCE DE POTENTIELS : ddp

2.1. Définition :

Dans un champ électrostatique $\vec{E}$ uniforme, la différence de potentiels (ddp ou la tension) entre deux points A et B est donnée par la relation :

$$V_A - V_B = U_{AB} = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$$ => $$V_A - V_B = E \times AB \times \cos(\vec{E}, \overrightarrow{AB})$$

V V/m m



2.2.Sens de $\vec{E}$:

Le champ $\vec{E}$ est dans le sens des potentiels décroissants.

2.3.Les équipotentiels :

Un équipotentiel est l'ensemble des points qui ont le même potentiel électrostatique.

Les équipotentiels sont des droites perpendiculaires aux lignes de champ.

2.4.Unité du champ électrostatique :

Soient les points P et N situés sur les plaques. Ils ont pour potentiels V_P et V_N.

La ddp $V_P - V_N = U$; la tension appliquée aux plaques.

$$\mathbf{E = \frac{V_P - V_N}{d} = \frac{U}{d}}$$

Activité d'application 1 : Un champ électrostatique uniforme règne entre les plaques positive P et négative N d'un condensateur plan. Ces plaques sont distantes de d = 5 cm et la tension positive entre elles U = 6 V.

1. Donne les caractéristiques du champ électrostatique qui règne entre P et N
2. Calcule la distance d'séparant les lignes équipotentielles passant par le point A et par le point B.
3. Détermine la ddp U_{AB} entre les points A et B respectivement situés à 1cm de P et 2 cm de N.

Solution :

1. / voir cours ; $E = \frac{U}{d} = \frac{6}{0{,}05} = 120\ V/m$ 2. / d' = 5-1- 2 = 2 cm 3. / $E = \frac{U_{AB}}{d'}$ donc $U_{AB} = E.d'$
   $U_{AB} = 120.(0{,}02) = 2{,}4$ V

2.5. Autre expression du travail :

$$W^{\vec{F}}_{A\to B} = q \times \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} = q \times (V_A - V_B) = q \times U_{AB}$$

J C V

3. ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE :

3.1. Energie potentielle électrostatique :

Une particule de charge électrique (q) placée au point (M) de potentiel électrostatique V_M, possède une énergie potentielle électrostatique défini par :

$$E_{p(M)} = q \times V_M$$

J C V

3.2.Energie mécanique :

En tout point de l'espace champ électrostatique $\vec{E}$, l'énergie mécanique d'une particule de charge (q), de masse (m) et de vitesse v, est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle électrostatique.

$$E_M = E_C + E_P \quad \Rightarrow E_M = \frac{1}{2} m v^2 + qV$$

3.3.Autre unité de l'énergie : électronvolt (eV)

$1eV = 1\times (1{,}6.10^{-19}C) \times (1V) = 1{,}6.10^{-19}$ J $\quad \mathbf{1eV = 1{,}6.10^{-19}\ J}$

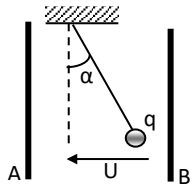
Activité d'application 2

Reprenons le dispositif de l'Activité d'application 1. Calcule en joules et en électronvolts le travail de la force électrostatique soumise à un électron se déplaçant du point B vers le point A.

Solution : $W_{BA}\ (\overrightarrow{F}) = -eU_{BA} = eU_{AB}$ AN : $W_{BA}\ (\overrightarrow{F}) = 1{,}6.10^{-19} \times 2{,}4 = 3{,}84.10^{-19}\ C = 2{,}4\ eV$

SITUATION D'EVALUATION

Tu découvres avec ton voisin dans vos recherches que le dispositif schématisé ci-contre peut être utilisé pour déterminer la tension du fil d'un pendule électrostatique.



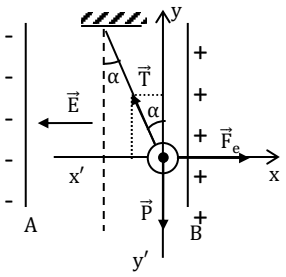
Ce dispositif est constitué de deux plaques métalliques conductrices parallèles A et B, séparées par une distance d et soumises à une tension U. Le pendule électrostatique est constitué d'un fil attaché à une de ses extrémité à une charge électrique q positive de masse m. Placé entre les deux plaques, il prend la position d'équilibre dans laquelle le fil fait d'un angle α par rapport à la verticale.

Données : $|U| = 10^4$V ; d = 10 cm ; $q = 8.10^{-8}$C ; m = 1 g ;
g = 10 N/kg.

1. Donne :
   1.1.Le signe de la différence de potentiel U_{AB}.
   1.2.Les caractéristiques du champ électrostatique qui règne entre les deux plaques.
2. Détermine l'angle α que le fil fait avec la verticale
3. Calcule la tension du fil.

Solution

1.1 $\vec{E}$ est orienté dans le sens des
Potentielles décroissant donc : $V_B > V_A$
soit encore $V_A - V_B < 0 \Rightarrow U_{AB} < 0$.
En conclusion : $U < 0$



1.2 $E = \frac{|U|}{d} = -\frac{U}{d} = 10^5 V/m$
2. Système : la charge q
Bilan des forces :
$\vec{P}$: poids de la charge
$\vec{T}$: tension du fil
$\vec{F}_e$: la force électrostatique.
A l'équilibre : $\vec{F}_e + \vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$
Projection sur (x'x) : $F_e - T\sin\alpha = 0$ (1)
Projection sur (y'y) : $T\cos\alpha - P = 0$ (2)
(1) $\Rightarrow$ $F_e = T\sin\alpha$ et (2) $\Rightarrow P = T\cos\alpha$
$\frac{F_e}{P} = \frac{T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \tan\alpha \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{qE}{P}\right)$; $\alpha = 38{,}66°$
3. (2) $\Rightarrow T = \frac{mg}{\cos\alpha}$; $T = 0{,}013$ N

III. EXERCICES

Exercice 1

1. Ecris l'expression du travail de la force électrostatique dans un champ uniforme.
2. Donne l'expression de l'énergie potentielle électrostatique placé en un point M.

Solution

1. $W_{AB}(\vec{F}) = q\,\vec{E}.\overrightarrow{AB} = q(V_A - V_B)$
2. $E_{P_A} = q\,V_M$

Exercice 2

Construis une phrase correcte en rapport avec la variation de l'énergie potentielle électrostatique avec les mots ou expressions suivants :
appliquée/ est égal / de l'énergie potentielle électrostatique/ de la force électrostatique/ entre deux points/ à la diminution/ le travail/ à une particule chargée

Solution

Le travail de la force électrostatique appliquée à une particule entre deux points est égal à la diminution de l'énergie potentielle électrostatique

Exercice 3

Réponds par vrai ou par faux, et justifie la réponse :

1. Le travail de la force électrostatique dépend des chemins suivis par une charge pour aller de A et B.
2. Le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ en un point M perpendiculaire aux surfaces équipotentielles.
3. La variation de l'énergie potentielle d'une charge ne dépend que du déplacement.
4. Le travail de la force électrostatique n'est jamais nul.

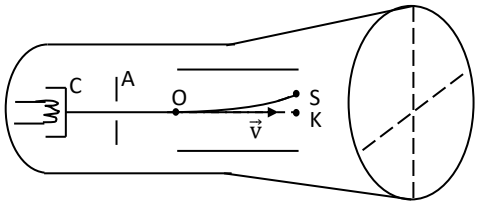
5. Un électron initialement au repos se déplace dans le sens des potentiels croissants.
6. Le champ électrostatique entre les armatures d'un condensateur est uniforme quelle que soit la forme géométrique de ses armatures.

Solution

1. Faux ; 2. Vrai ; 3. Faux ; 4. Faux : $W = 0$ si on déplace la charge sur une surface équipotentielle ;
5. Vrai ; 6. Faux : les armatures doivent être plane et parallèles.

Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un professeur de physique-chimie apprend à ses élèves le fonctionnement de l'oscilloscope, en s'appuyant sur le schéma ci-contre.



Les électrons sortent du canon à électron avec une vitesse supposée nulle et sont ensuite accélérés par une tension U = 1600 V appliquée entre la cathode C et l'anode A.
Ils pénètrent enfin avec une vitesse $v_0 = v_A$ entre les plaques de déviation horizontales en un point O situé à égale distance de chacune d'elle. Lorsque la tension U = 500 V est appliquée à ces plaques distantes de d = 2 cm, les électrons sortent de l'espace champ, en un point S tel que KS = L = 0,6 cm. Après S les électrons rencontrent l'écran fluorescent et forment un spot.
L'origine des potentiels est fixée au point O.
Le professeur demande aux élèves de déterminer l'énergie cinétique des électrons à leur sortie des plaques.
Donnée : e = 1,6 .10 $^{-19}$ C
Tu fais partie de la classe

1. Donne le rôle de l'oscilloscope.
2. Calcule :
   2.1 la vitesse v_A des électrons à la sortie du canon puis déduis-en leur énergie cinétique E_{C_A}.
   2.2 le potentiel V_S du point S de l'espace champ.
3. Calcule en joule et en keV, l'énergie potentielle électrostatique d'un électron :
   3.1 en O
   3.2 en S.
4. Déduis-en l'énergie cinétique de sortie E_{CS} des électrons en keV.

Solution

2.1 Système : électron

Bilan des forces : $\vec{F}_e$: force électrostatique ; $P \ll F_e$

$\Delta E_C = W(\vec{F}_e) \Rightarrow \frac{1}{2} m v_A^2 = q\,(V_C - V_A) \Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{2\,e\,U}{m}} = 2{,}37.10^7 m/s$

$E_{C_A} = \frac{1}{2} m v_A^2 = 1{,}6$ keV

2.2 $(V_E - V_D) = d.E\ (1)$ et $(V_S - V_K) = L.E(2)$.

$\frac{(1)}{(2)} \Leftrightarrow \frac{d}{L} = \frac{U}{(V_S - V_K)}$ or $V_K = 0 = V_O$ car K et O sont sur la même équipotentielle. On a donc $\frac{d}{L} = \frac{U}{V_S} \Rightarrow$

$V_S = \frac{U.L}{d} = 150V$

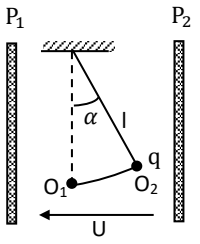
3.1/3.2 $E_{P_e}(O) = q\,V_O = 0J$; $E_{P_e}(S) = -e\,V_S = -2{,}4.\,10^{-17}J$

$E_{P_e}(S) = -150$ eV $= -0{,}15$ keV.

4. c $\Delta E_C = q(V_O - V_S) \Leftrightarrow E_{C_S} - E_{C_A} = e\,V_S \Rightarrow$

$E_{C_S} = e\,V_S + E_{C_A} = 1{,}75$ keV.

Exercice 5



Au cours d'une séance de travaux pratiques, des élèves étudient l'action d'un champ électrostatique $\vec{E}$ sur une charge négative q, de masse m = 1g, placée à l'extrémité d'un fil de longueur ℓ =10 cm (voir schéma ci-contre).
Le champ électrostatique est créé entre les plaques planes et parallèles P_1 et P_2, distantes de d = 10 cm, grâce à une tension $|U|$ constante. Lorsque le pendule est accroché au point O, il s'écarte d'un angle α vers la plaque P_2 et reste en équilibre.
Données : $|U| = 10^4$ V ; g = 10 N/kg ; $q = -10^{-8}$ C
Tu es sollicité pour aider les élèves à déterminer les valeurs de α et du travail de la force électrostatique lors du déplacement O_1 à O_2.

1.
   1.1 Donne le signe de U. Justifie.
   1.2 Détermine les caractéristiques du champ $\vec{E}$.
2. Détermine l'angle α.
3. Détermine la différence de potentiel $V_{O_1} - V_{O_2}$ entre les points O_1 et O_2.
4. Calcule le travail du poids de la charge et le travail de la force électrostatique de O_1 à O_2.

Solution

1. $\vec{F}_e = q\,\vec{E}$ or $q < 0$. Comme $\vec{F}_e$ est dirigé vers P_2, $\vec{E}$ est orienté de P_2 vers P_1 dans le sens des potentiels décroissant : $V_{P_2} > V_{P_1}$ soit $U < 0$

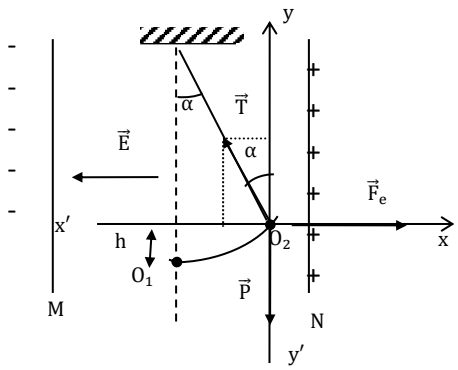
2. Système : la charge q

Bilan des forces :

$\vec{P}$: Poids de la charge

$\vec{T}$: Tension du fil

$\vec{F}_e$: la force électrostatique.



A l'équilibre : $\vec{F}_e + \vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

Projection sur (x'x) : $F_e - T\sin\alpha = 0$ (1)

Projection sur (y'y) : $T\cos\alpha - P = 0$ (2)

(1) ⇒ $F_e = T\sin\alpha$ et (2) ⇒ $P = T\cos\alpha$

$$\frac{F_e}{P} = \frac{T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \tan\alpha \Rightarrow$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{|q|\,E}{mg}\right) = 5{,}71°$$

3. $E = \frac{|U|}{d} = \frac{|V_{O_1} - V_{O_2}|}{\ell\sin\alpha} \Rightarrow (V_{O_1} - V_{O_2}) = \frac{\ell\sin\alpha}{d}\,U = -995\text{V}$

4. $W(\vec{P}) = -m\,g\,\ell\,(1 - \cos\alpha) = -1$ J

$W(\vec{F}_e) = q(V_{O_1} - V_{O_2}) = 995.10^{-8}$ J

IV. DOCUMENTATION

Energie potentielle électrostatique

Comment mesure-t-on l'énergie potentielle gravitationnelle d'un corps de masse m ? On le déplace d'une position initiale jusqu'à une position finale (on exerce donc une force) puis onle lâche sans vitesse initiale. S'il acquiert une vitesse, c'est qu'il développe de l'énergie cinétique. Or, en vertu du principe de conservation de l'énergie, cette énergie ne peut provenir que d'un autre réservoir énergétique, appelé énergie potentielle. Comment s'est constituée cette énergie potentielle gravitationnelle ? Grâce au déplacement du corps par l'opérateur.

Ainsi, le travail effectué par celui-ci est une mesure directe de l'énergie potentielle. On va suivre le même raisonnement pour l'énergie électrostatique.

Définition : l'énergie potentielle électrostatique d'une particule chargée placée dans un champ électrostatique est égale au travail qu'il faut fournir pour amener de façon quasi-statique cette particule de l'infini à sa position actuelle.

Prenons une particule de charge q placée dans un champ E. Pour la déplacer de l'infini vers un point M, un opérateur doit fournir une force qui s'oppose à la force de Coulomb. Si ce déplacement est fait suffisamment lentement, la particule n'acquiert aucune énergie cinétique.

Puisqu'on peut toujours définir le potentiel nul à l'infini, on obtient l'expression suivante pour l'énergie électrostatique d'une charge ponctuelle située en M: $W = qV$

On voit donc que le potentiel électrostatique est une mesure (à un facteur q près) de l'énergie électrostatique : c'est dû au fait que V est lié à la circulation du champ. Autre remarque importante : l'énergie est indépendante du chemin suivi.

Niveau : 1ères CDE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 2: ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

TITRE DE LA LEÇON : LE CONDENSATEUR

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le cadre d'une enquête découverte, un groupe d'élèves de la 1ère C du Lycée Moderne Yopougon Andokoi effectue des recherches sur des condensateurs, éléments électroniques se trouvant dans des appareils électroménagers tels que TV, Radio… Surpris par la diversité des formes et le nombre important de ces éléments à l'intérieur des appareils, les élèves décident , sous la conduite de leur professeur, de s'informer sur les condensateurs, d'établir les lois d'association puis de calculer l'énergie stockée par un condensateur.

II. CONTENU DE LA LECON

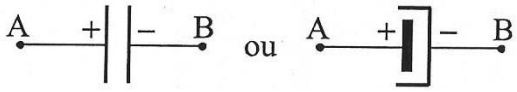
1. Généralités

1.1. Définition

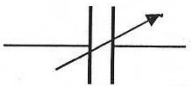
Un condensateur est un ensemble de deux conducteurs dont les surfaces en regard sont proches et séparées par un isolant appelé **diélectrique.** Le diélectrique peut être de l'air.

1.2. Symbole de différents types de condensateur

Condensateur non polarisé



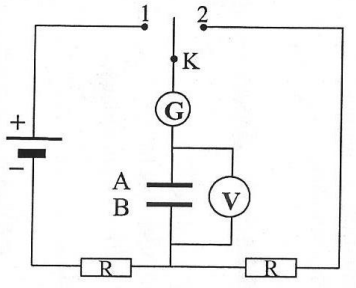
Condensateur polarisé (Condensateur électrochimique)



Condensateur à capacité variable

2. Charge et décharge d'un condensateur

2.1. Dispositif expérimental



Le générateur utilisé a une tension normale 6V.

2.2. Charge du condensateur : K en position 1

2.2.1. Observations

- L'aiguille du galvanomètre dévie vers la droite et revient à sa position initiale ;
- La tension aux bornes du condensateur passe de 0 à la valeur 6 V.

2.2.2. Interprétations

Le mouvement de l'aiguille du galvanomètre indique le passage d'un **courant transitoire** d'intensité **i positive (i > 0),** qui circule de la borne positive du générateur vers la borne A du condensateur**,** appelé **courant de charge.** Des électrons quittent alors l'armature A qui se charge positivement (Q_A) et arrivent sur l'armature **B** qui se charge négativement (Q_B).

La tension aux bornes du condensateur reste constante (6 V) : le condensateur est dit **chargé.**

2.2.3. Conclusion

Les charges électriques portées par les armatures A et **B** d'un condensateur chargé sont de signes opposés et égales en valeur absolue ($Q_A = -Q_B$).

2.3. Décharge du condensateur : K en position 2

2.3.1. Observations

- L'aiguille du galvanomètre dévie maintenant vers la gauche et revient à sa position initiale ;
- La tension aux bornes du condensateur passe de 6 V à la valeur 0.

2.3.2. Interprétations

Le mouvement de l'aiguille du galvanomètre indique le passage d'un **courant transitoire** d'intensité **i négative (i < 0**), à l'extérieur du condensateur le courant circule de la borne A vers la borne B du condensateur. appelé courant de décharge**.** Les électrons décrivent un mouvement inverse au cas précédent et les armatures redeviennent neutres ($Q_A = Q_B = 0$).

La tension aux bornes du condensateur devient nulle (0 V) : le condensateur est dit **déchargé.**

2.3.3. Conclusion

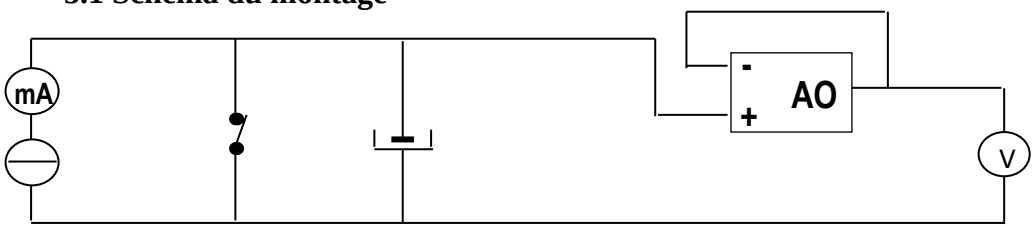
Un condensateur peut accumuler des charges ou les restituer. On appelle **charge** d'un condensateur la **quantité d'électricité** portée par **l'armature positive :**

$$\mathbf{Q = Q_A = -\ Q_B}$$

Lors de la charge (ou de la décharge) du condensateur on observe un courant transitoire qui s'annule lorsque le condensateur est chargé (ou déchargé).

3. Capacité d'un condensateur

3.1 Schéma du montage



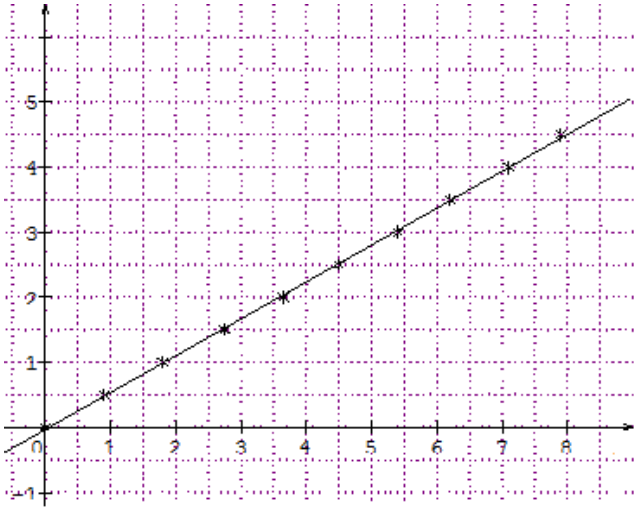
3.2. Résultats

Tableau des mesures

t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Uc (V)	0	0,90	1,80	2,75	3,65	4,50	5,40	6,20	7,10	7,90	8,75
q_A = I. t (mC)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

I = 0,05mA

Tracé de la courbe $q_A = f(U_c)$



3.3. Exploitation

q = f (U_C) est une droite passant par l'origine. Son équation est de la forme q = C.Uc où C représente le coefficient directeur de la droite.

$$C = \frac{\Delta q_A}{\Delta U_C} = 0{,}56 \text{ mF}$$

C est appelée la capacité du condensateur. Elle s'exprime en **farads** (F)

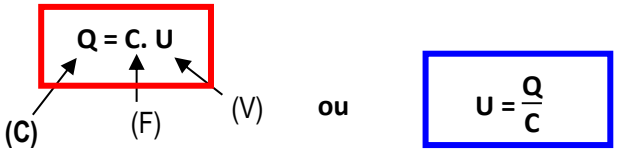
Remarque : On utilise généralement les sous multiples du farad :

- le millifarad 1 mF = 10^{-3} F)
- le microfarad (1 µF = 1.10^{-6} F)
- Le nanofarad (1nF = 10^{-9} F)

Le picofarad (1pF = 10^{-12} F)

3.4 Conclusion

La charge **Q** d'un condensateur est proportionnelle à tout instant à la tension **U** à ses bornes, le coefficient de proportionnalité est la capacité **C** du condensateur.



Remarque : La relation est valable lors de la charge comme de la décharge.

Activité d'application

La charge Q d'un condensateur est égale a 10^{-7} C lorsqu'il est soumis a une tension U = 20 V.
Calcule sa capacité.

Solution

Q = CU ; donc C = Q/U = $10^{-7}/20 = 5.10^{-9}$ F = 5nF

3.5 Capacité d'un condensateur plan

a) Définition

Un condensateur est dit plan lorsque ses armatures sont planes et séparées par un diélectrique en général l'air.

b) Capacité

La capacité d'un condensateur plan est donnée par la relation suivante :

- Si le diélectrique est le vide :

$$C = \frac{\varepsilon_o S}{d} \quad \text{avec} \begin{cases} \varepsilon_o : permittivité\ du\ vide\ ou\ constante\ diélectrique \\ S : surface\ de\ l'armature\ (m^2) \\ d : épaisseur\ du\ diélectrique\ ou\ distance\ séparant\ les\ armatures \end{cases}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi.10^9} = 8{,}84.10^{-12} F.m^{-1}$$

- Si le diélectrique est quelconque

$$C = \frac{\varepsilon.S}{d} = \frac{\varepsilon_o.\varepsilon_r S}{d} \quad \text{avec} \begin{cases} \varepsilon = \varepsilon_o \varepsilon_r \\ \varepsilon : permittivité\ du\ milieu \\ \varepsilon_r : permittivité\ relative\ du\ vide \end{cases}$$

4. Limite d'utilisation d'un condensateur

4.1 Tension nominale

C'est la tension supportable par le condensateur. Elle permet un fonctionnement adéquat du condensateur.

4.2 Tension de claquage

C'est la tension limite au-delà de laquelle, le condensateur est détruit. Le diélectrique perd ainsi son caractère d'isolant.

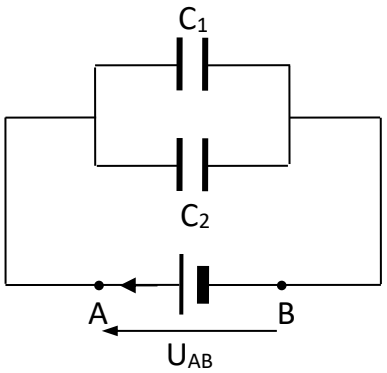
4.3 Champ disruptif

Le champ disruptif est le champ électrostatique au-delà duquel le diélectrique perd son caractère isolant. Ce champ n'est pas supportable par le condensateur.

$$E_d = \frac{U_c}{d}$$ Avec U_c : tension de claquage et d'épaisseur du diélectrique.

5. Association de condensateurs

5.1.Association en parallèle



On a : $Q_1 = C_1 U_{AB}$ et $Q_2 = C_2 U_{AB}$

Le condensateur équivalent ($C_{éq}$) porte la charge Q telle que :

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 U_{AB} + C_2 U_{AB} = (C_1 + C_2)\, U_{AB}$$

or $Q = C_{éq} U_{AB} \quad \Rightarrow \quad C_{éq} = C_1 + C_2$

Pour n condensateurs en dérivation, on a : $C_{éq} = \sum_i^n C_i = C_1 + C_2 + \ldots + C_n$

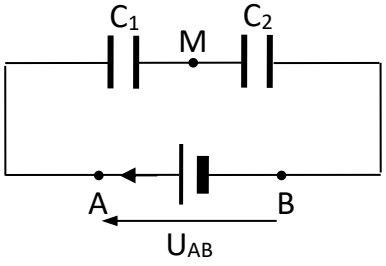
Activité d'application

Deux condensateurs de capacités respectives $C_1 = 0{,}10\ \mu F$ et $C_2 = 0{,}60\ \mu F$ sont montés en parallèle. Calcule la capacité C du condensateur équivalent.

Solution

$C = C_1 + C_2 = 0{,}7\ \mu F$

5.2.Association en série



On a : $U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$

Circuit série $\Rightarrow$ I = cte d'où $Q_1 = Q_2$

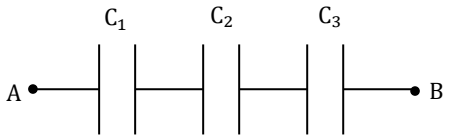
$$\Rightarrow \quad U_{AB} = Q_1 \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$$

Le condensateur équivalent ($C_{éq}$) porte la charge Q : $U_{AB} = \frac{Q}{C_{éq}}$

comme $Q = Q_1 = Q_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{C_{éq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ soit $C_{éq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

Pour n condensateurs en série, on a : $\frac{1}{C_{éq}} = \sum_i^n \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}$

Activité d'application
Tu considères cette association de condensateurs ci-dessous.

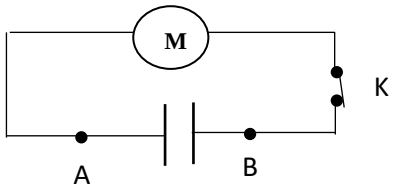


Donne l'expression de la capacité équivalente C du condensateur équivalent aux trois condensateurs de capacité C_1 , C_2 et C_3.
$C_1 = 2\mu F$; $C_2 = 0{,}5\mu F$; $C_3 = 1{,}5\mu F$

Solution
$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$
C=0.31 μF

4.1. Energie emmagasinée dans un condensateur

4.1. Mise en évidence expérimentale

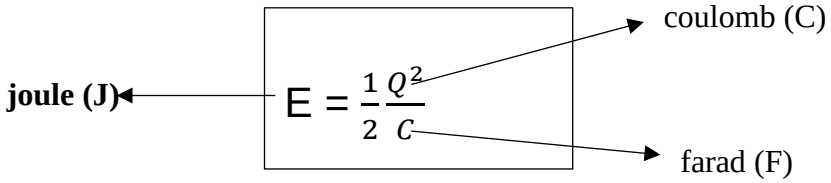


Condensateur initialement chargé

Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, le moteur se met en marche. Il reçoit donc de l'énergie provenant du condensateur chargé : Un condensateur chargé emmagasine de l'énergie.

4.2. Expression de l'énergie emmagasinée dans un condensateur

L'énergie stockée dans un condensateur chargé de capacité C et de charge Q est donnée par L'expression :



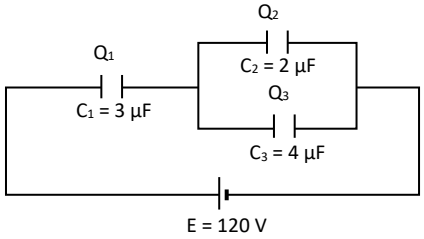
Comme Q = CU $\Longrightarrow$ E = $\frac{1}{2}$ QU = $\frac{1}{2}$ CU^2

Activité d'application
Tu as utilisé un condensateur de capacité C = 2200 µF pour emmagasiner une énergie électrique E = 58,19 J.
Détermine la valeur de la tension U aux bornes du condensateur.

Solution
$E = \frac{1}{2} CU^2 \Longrightarrow U = \sqrt{\frac{2E}{C}} = 230$ V

SITUATION D'EVALUATION

Lors d'une évaluation de rattrapage, ton professeur de physique- chimie te soumet le circuit ci-dessous :



Il te demande de déterminer la charge équivalente de l'association des trois condensateurs.

1. Exprime la capacité équivalente de l'association :
   1.1.des condensateurs C_2 et C_3. montés en dérivation.
   1.2. des trois condensateurs (C_1 ; C_2 et C_3)..
2. Calcule la valeur numérique de la capacité équivalente de l'association des trois condensateurs.
3. Détermine l'expression de la charge équivalente de l'association des trois condensateurs en fonction de C_1 ; C_2 ; C_3 et E et calcule sa valeur numérique
4. Détermine l'expression de l'énergie stockée dans le condensateur équivalent de l'association des trois condensateurs en fonction de C_1 ; C_2 ; C_3 et E et calcule sa valeur numérique.

Solution

1

1.1 $C' = C_2 + C_3$

1.2 $C = \frac{C_1(C_2+C_3)}{C_1+C_2+C_3}$

2. $C = 2\mu F$

3. $q = C.E$

$= \left(\frac{C_1(C_2+C_3)}{C_1+C_2+C_3}\right).E$;

$q = 2{,}4.10^{-4}C$

4. $W = \frac{1}{2}C.E^2$

$= \frac{1}{2}\left(\frac{C_1(C_2+C_3)}{C_1+C_2+C_3}\right)E^2$;

$W = 1{,}44.10^{-2}C$

III. EXERCICES

Exercice 1

Un condensateur de capacité C, chargé sous une tension
U = 5V porte une charge électrique de q = 0,5 µC. Exprime et calcule C.

Solution

$q = C\,U \Rightarrow C = \frac{q}{U} = 0{,}1\mu F$

Exercice 2

Un condensateur de capacité C = 2,2 µF est chargé à courant constant I_0 = 5,5mA pendant 20ms.

1. Exprime et calcule la charge du condensateur.
2. Détermine la tension aux bornes de ce condensateur.

Solution

1. $q = I_0\,\Delta t = 11\ \mu C$;
2. $U = \frac{q}{C} = 5\ V$

Exercice 3

La tension électrique aux bornes d'un condensateur de charge vaut 10^{-7}C est 20 V.
Calcule la capacité électrique du condensateur.

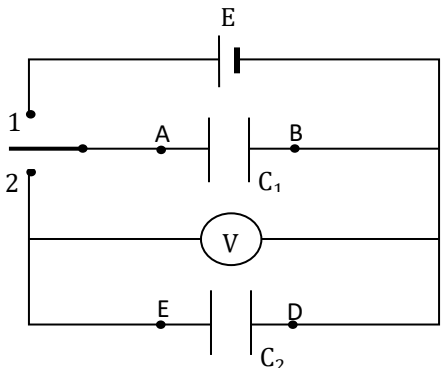
Solution

$q = C\,U \Rightarrow$
$C = \frac{q}{U} = 5$ nF

<u>Exercice</u> 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur de physique-chimie met à la disposition de chaque groupe les éléments électriques suivants :

- un générateur de force électromotrice E = 6 V ;
- un condensateur de capacité $C_1 = 47$ µF;
- un condensateur de capacité $C_2 = 33$ µF ;
- un voltmètre ;
- un interrupteur.
- Des fils conducteurs.



Vous réalisez le montage ci-contre.
Les condensateurs C_1 et C_2 sont initialement déchargés.
Tu es désigné par ton groupe pour étudier

L'énergie stockée par les condensateurs

1. K en position 1.
   1.1 Dis si C_1 se charge ou se décharge.
   1.2 Calcule à l'équilibre:
      1.2.1 la charge $q_A = q_0$ portée par l'armature A.
      1.2.2 l'énergie électrique emmagasinée dans C_1.
2. K en position 2.
   2.1 Décris le mouvement des électrons à l'aide d'un schéma.
   2.2 Calcule :
      2.2.1 la charge portée à l'équilibre par chaque armature de C_1 et C_2.
      2.2.2 la tension indiquée par le voltmètre.
3. Calcule l'énergie électrique emmagasinée dans les condensateurs et compare la avec l'énergie initiale de C_1 puis Conclus.

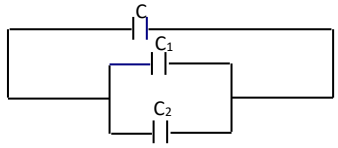
Solution

1.1 Le condensateur se charge.
1.2 .1 L'armature A porte la charge :
$q_0 = C_1 U_{AB} = C_1 \times E = 5{,}64.10^{-4}$ C.
1.2.2 L'énergie emmagasinée est :
$W_0 = \frac{1}{2} C_1 E^2 = 3{,}4.10^{-3}$ J.
2. 1/ 2.2 Les électrons initialement portés par l'armature B se répartissent sur les armatures B et D. Dans le même temps, des électrons partent de E pour se diriger vers A, de façon qu'à chaque instant on ait $q_A = -q_B$.
On pourrait également raisonner sur les charges positives, en partant de l'armature A.
A l'équilibre, la répartition est telle que:

$q_A = -q_B$ et $q_E = -q_{BD}$ (propriétés des condensateurs);
$q_A + q_E = q_0$ (Conservation de la charge de l'ensemble formé par les armatures A et E électriquement isolé);
$q_A = C_1 U_{AB}$ et $q_E = C_2 U_{ED}$: soit , U_{AB}= U_{ED}tension commune U aux bornes des deux condensateurs et mesurée par le voltmètre : $\frac{q_A}{C_1} = \frac{q_E}{C_2}$
De ces diverses relations, nous tirons :
$q_A = -q_B = q_0 \frac{C_1}{C_1+C_2} = 3{,}314.10^{-4}$ C
$q_E = -q_D = q_0 \frac{C_2}{C_1+C_2} = 2{,}326.10^{-4}$ C
2.2.2 La tension indiquée par le voltmètre est égale à :
$U = U_{AB} = \frac{q_A}{C_1} = 7{,}05$ V
3. L'énergie électrique finale emmagasinée dans les deux condensateurs est égale à :
$W_t = \frac{1}{2} C_1 U^2 + \frac{1}{2} C_2 U^2 = \frac{1}{2}(C_1 + C_2) U^2 = 2.10^{-3}$ J
Nous constatons que l'énergie électrique a diminué. Cette différence d'énergie correspond à une dissipation, sous forme d'effet Joule, dans les fils de jonction.

<u>Exercice</u> 5

Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur met Δt =0,1ms pour charger un condensateur de capacité C, avec un générateur de f.é.m. E= 100 V qui débite un courant d'intensité I_0 = 5A. Le condensateur totalement chargé est déconnecté et monté ensuite aux bornes de deux autres condensateurs de capacité C_1 et C_2 totalement déchargés (voir figure).



Le professeur demande à ton groupe de calculer l'énergie portée par tous les condensateurs à l'équilibre. Tu es choisi pour rédiger le compte rendu.
Donnée : C_2= 2µF
1. Exprime :
1.1 la charge q_0 du condensateur, calculer sa valeur et déduis- en la capacité C du condensateur.
1.2 la capacité équivalente C' à l'association de C_1 et C_2.
1.3 la nouvelle charge q du condensateur en fonction de q_0 et calcule q' celle du condensateur équivalent à C_1 et C_2.
2. Détermine les tensions aux bornes du condensateur C, aux bornes de C' et aux bornes de chacun des condensateurs C_1 et C_2.
3. Calcule la capacité C' et déduis- en la valeur de la capacité C_1..
4. Calcule :
4.1 la charge portée par chacun des condensateurs C_1 et C_2.
4.2 l'énergie portée par tous les condensateurs.

Solution

1.
1.1 $q_0 = I\,\Delta t = 5.10^{-4}$ C ; $C = \frac{q_0}{U} = 5$ µF ;
1.2 $C' = C_1 + C_2$
1.3 D'après le principe de la conservation de charge, $q + q' = q_0$ or $q = q' \Rightarrow q = q' = \frac{q_0}{2} = 2{,}5.10^{-4}$ C
2. $U_C = U_{C'} = U_{C_1} = U_{C_2} = \frac{q}{C} = 50$ V car les condensateurs sont en parallèle.
3. $C' = \frac{q'}{U_C} = 5$ µF ; $C_1 = C' - C_2 = 3$µF.

4.

4.1 $q_1 = C_1 U_{C_1} = 1{,}5.10^{-4}\ C$; $q_2 = C_2 U_{C_2} = 10^{-4}\ C$

4.2 $W = \frac{1}{2}(C' + C)U_C^2 = 1{,}25.10^{-2} J$

IV. DOCUMENTATION

Quel est le rôle d'un condensateur dans un circuit électrique ?

Vous avez peut-être déjà entendu parler d'un composant électronique nommé condensateur. Depuis les débuts de l'électronique, il a fallu faire face à un nombre incroyable de difficultés. Il fallait principalement stabiliser les courants de faible puissance, c'est justement le rôle du condensateur dans un circuit électrique.

De nos jours dans tous les circuits électroniques, les condensateurs sont partout. Par exemple, on en trouve dans votre ordinateur personnel, votre télévision ou vos appareils électroménagers. Les plus courants sont cylindriques. Ils sont équipés de deux pattes en métal pour le raccordement. Il existe aussi des condensateurs miniatures de forme carrée ou rectangulaire installée sur une carte électronique.

À quoi sert un condensateur électrique ?

Dans un circuit électrique, ou électronique, le rôle du condensateur est varié. Dans un premier temps, il est utilisé pour stabiliser les alimentations électriques. Comme il est capable d'emmagasiner de l'énergie sur un certain laps de temps, puis de la restituer, il va permettre de lisser les fluctuations dans une alimentation.

Parlons rapidement des alimentations dans les circuits électroniques. Pour les puces comme les microprocesseurs ou les fonctions mémoire, il est primordial d'avoir des alimentations précises et stables.

Il faut pouvoir générer une alimentation de 3,3 V qui ne varient que de 0,1 volt maximum. Il est aussi fréquent d'avoir besoin d'une alimentation de 5 V ou de 12 V.

Toutes ces alimentations et ses précisions sont atteignables uniquement par la qualité et la fiabilité des condensateurs qui sont intégrés dans les circuits électroniques. Le rôle du condensateur est indispensable dans un circuit électrique qui nécessite une grande précision.

On en retrouve partout, ils sont même présents dans vos radiateurs électriques, surtout dans les radiateurs à panneaux rayonnants.

Les autres fonctions d'un condensateur électrique

Parmi les autres rôles d'un condensateur électrique on retrouve aussi une notion de filtrage du signal. Par exemple, pour transmettre un signal audio ou vidéo, celui-ci doit être dépourvu de parasite. Dans le cas contraire, l'enceinte se mettrait à crépiter ou vous pourriez entendre un souffle. Dans le cas de la vidéo, il y aurait des perturbations de l'image. Il apparaitrait des artéfacts qui dénatureraient l'image originale.

Bien d'autres signaux ont besoin d'être filtrés, c'est le cas du réseau ADSL, des transmissions Bluetooth et Wifi et même de votre réseau GSM.

Dans tous ces cas, c'est l'utilisation des condensateurs, et de leurs propriétés d'absorption, qui permet de filtrer le signal. Un signal filtré contiendra uniquement les informations nécessaires. Le récepteur est alors capable d'identifier ces informations et ne sera pas perturbé par les parasites.

Tout cela permet d'augmenter la qualité de la transmission ainsi que les débits des connexions.

Dans quelque cas spécifique d'appareils et qui nécessite un fort courant au démarrage, on utilise des condensateurs. À moteur électrique consomme un fort courant à l'instant de son démarrage. Pendant quelques millisecondes il lui faudra une énergie bien plus importante que celle nécessaire à son fonctionnement de manière continue.

D'ailleurs, si vous regardez les fusibles qui protègent les circuits qui alimentent ses moteurs, vous verrez qu'il s'agit de fusibles spécifiques (notée aM), qui sont étudiés pour encaisser plus de courant.

Pour fournir cette puissance, on utilise des condensateurs. Il s'agit alors de charger une batterie condensateur puis d'utiliser toute cette énergie emmagasinée pour la décharger en un temps très court et permettre l'allumage du moteur.

Vous pourriez rencontrer ce type de fonctionnement sur une machine à laver ou un sèche-linge

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 1 : MECANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE ROTATION AUTOUR D'UN AXE FIXE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 1ère C au Lycée Leboutou habite le village de TOUPAH. Il emprunte le car pour se rendre au cours. En route, l'un des pneus du car crève. Pour dévisser les écrous de la roue, le chauffeur utilise une clé en croix mais il n'y parvient pas. Il utilise donc une barre de fer pour rallonger la clé ; cette fois-ci, il réussit à enlever les écrous de la roue. L'élève est émerveillé par ce résultat. Une fois au lycée, il en parle à ses camarades. Ensemble, ils décident sous la direction de leur professeur, de s'informer sur les caractéristiques du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe, de définir un couple de forces, de déterminer le travail et la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.

II. CONTENU DE LA LECON

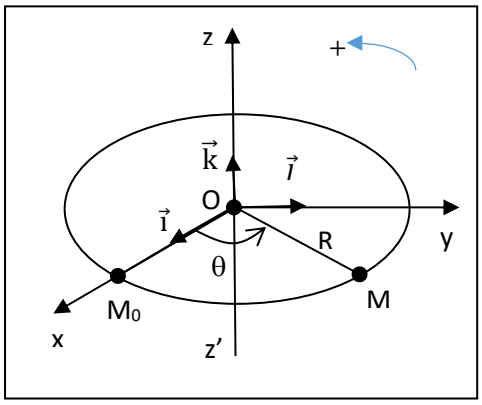
1.MOUVEMENT DE ROTATION D'UN SOLIDE

1.1 Définition

Un solide est animé d'un mouvement de rotation si **tous ses points décrivent des cercles** centrés sur **le même axe** constitué d'un ensemble de points immobiles ; l'axe est perpendiculaire au plan des cercles.

1.2. Repérage d'un point du solide

1.2.1 Abscisses angulaire et curviligne



Si O est le centre et R le rayon de la trajectoire circulaire décrite par le point mobile M, alors la position du point M peut être caractérisée à tout instant par **l'abscisse curviligne s =** $\widehat{M_0M}$ ou par **l'abscisse angulaire**

$\theta = (\widehat{\overrightarrow{OM_0}, \overrightarrow{OM}})$.

- **L'abscisse curviligne** et **l'abscisse angulaire** sont telles que : **s = R.θ**

R et s en mètre (m) et θ en radian (rad)

1.2.2 Vitesse angulaire et vitesse linéaire

- **La vitesse angulaire ω** d'un point d'un solide en rotation autour d'un axe fixe est donnée par

L'expression : $\boxed{\omega = \frac{\delta\theta}{\delta t}}$ ω en rad.s^{-1}

Remarque : Lors d'un mouvement de rotation uniforme tous les points du solide ont la même vitesse angulaire

$\boxed{\omega = \Delta\theta/\Delta t = (\theta_2 - \theta_1)/t_2\text{-}t_1}$ ***t(s); θ(rad); ω(rad/s)***

On exprime aussi la vitesse angulaire en tours par minutes (trs/min)

- **La vitesse linéaire v** du point mobile est telle que : **v = R. ω**

(v en m. s^{-1}, R : rayon de la trajectoire en m et ω en rad. s^{-1})

Activité d'application

Tu disposes d'une montre à aiguille. La distance entre l'axe et l'extrémité de l'aiguille des secondes est d = 1,2 cm. Cette aiguille effectue un mouvement de rotation uniforme en un tour.

1-Donne la valeur de l'abscisse angulaire θ.

2-Détermine :

2-1 la valeur de la vitesse angulaire.

2-2 la valeur de la vitesse linéaire de l'extrémité de cette aiguille.

Solution

1- L'abscisse angulaire est : θ = 2π rad.

2- Détermination :

2-1. de la valeur de la vitesse angulaire : $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{60} = 0{,}105$ rad/s.

2-2. de la valeur de la vitesse linéaire : $v = d \times \omega = 1{,}2.10^{-2} \times 0{,}105$

$V = 1{,}26.\ 10^{-3}$m/s

2. MOMENT D'UNE FORCE PAR RAPPORT A UN AXE FIXE

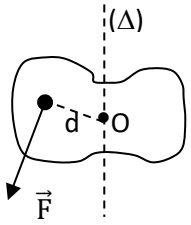
2.1. Définition :

Le moment d'une force, appliquée à un solide par rapport à un axe, est sa capacité à faire tourner le solide autour de l'axe.

Il s'exprime en newton-mètre (N.m).

Il a pour expression $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = F.d$

F est l'intensité de la force et d la distance entre la force et l'axe de rotation (le bras de levier).



2.2 Théorème des moments :

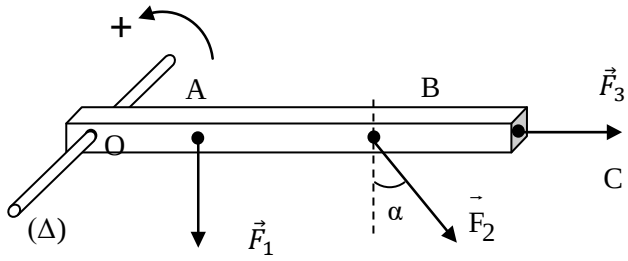
Un solide mobile autour d'un axe fixe (Δ) est en équilibre si la somme des moments des forces extérieures qui s'exercent sur lui, par rapport à cet axe, est nulle.

$\sum \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = 0$

NB : le moment d'une force est une grandeur algébrique

Activité d'application

La figure ci-contre représente une réglette horizontale, mobile autour d'un axe horizontal (Δ) passant par le point O.
On exerce dans un même plan vertical trois forces d'intensités respectives F_1 = 17 N, F_2 = 25 N, F_3 = 23 N.
Détermine les moments algébriques de chacune de ces forces par rapport à l'axe (Δ).
On donne : OA = 16 cm ; OB = 37 cm ; OC = 60 cm ; α = 30°.



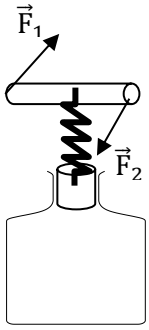
Solution

$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) = -F_1 \times OA = 17 \times 16.10^{-2} = -2.72$ N.m ; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_3) = 0$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) = F_2.OB.\cos\alpha = -25 \times 37.10^{-2}.\cos 30° = 8$N.m

3. COUPLE DE FORCES

3.1. Définition :

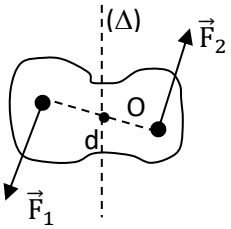
On appelle **couple de forces**, l'ensemble de deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ de droites d'actions parallèles de sens opposé et de même intensité.



3.2. Moment d'un couple de force :

Le moment d'un couple de forces, d'intensité F et dont les droites d'action sont distantes de (d), a pour expression : $\mathcal{M}_{\Delta C}$ **= F.d**

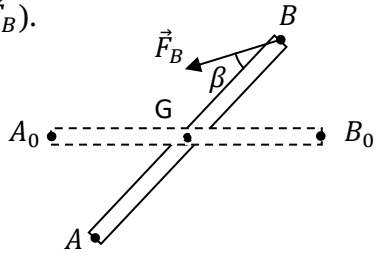
- $\mathcal{M}_{\Delta C} > 0$ si le couple entraîne le solide dans le sens positif (+) choisi.
- $\mathcal{M}_{\Delta C} < 0$ si le couple entraîne le solide dans le sens contraire.



Activité d'application

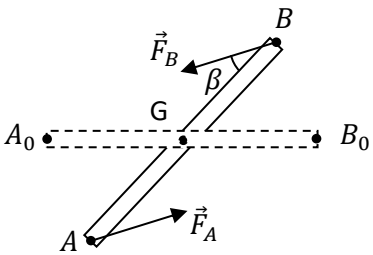
Une règle en plexiglas de longueur $AB = 50$ cm est mise en mouvement de rotation autour d'un axe(Δ) passant par son centre d'inertie G, par un couple de forces $(\vec{F}_A, \vec{F}_B)$.
La règle passe de sa position initiale A_0B_0 à la position AB.
Le moment du couple est $\mathcal{M}_{\Delta C}$ = 20 N.m et chaque force fait un angle $\beta = 30°$ avec la direction de la règle.

1- Représente sur le schéma, la force $\vec{F}_A$.
2- Calcule l'intensité de $\vec{F}_A$ et de $\vec{F}_B$.



Solution

1. Représentation de la force $\vec{F}_A$.



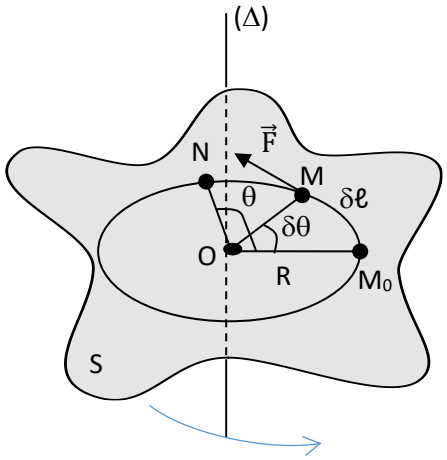
2.Intensité de $\vec{F}_A$ et $\vec{F}_B$: $F_A = F_B = F$

$\mathcal{M}_\Delta$ c $(\vec{F}) = F \times AB \times \sin\beta$.

D'où $F = \frac{\mathcal{M}_\Delta \text{ c } (\vec{F})}{AB \times \sin\beta} = \frac{20}{0{,}5 \times 0{,}5} = 80$ N.

4. TRAVAIL D'UNE FORCE ORTHOGONALE A L'AXE DE ROTATION

4.1. Travail élémentaire :



Le point d'application de $\vec{F}$ passe de M_0 à M sur le cercle ($\mathcal{C}$). On note :

•$\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{M_0M} = \vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell} = F.M_0M$ car $\vec{F}$ et $\overrightarrow{M_0M}$ ont même direction et même sens.

• Pour calculer M_0M, on l'assimile à l'arc $\widehat{M_0M}$:

$M_0M \approx \widehat{M_0M} = R.\delta\theta$ (avec $\delta\theta$ en rad et R, rayon du cercle $\mathcal{C}$).

•$\delta W = F.M_0M = F.R.\delta\theta$. Mais le produit F.R est le moment de $\vec{F}$ par rapport à (Δ)

Donc $\delta W = F.R.\delta\theta = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$

•**<u>Conclusion</u> : $W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\theta$**

Généralisation : Lors d'une rotation d'angle θ, le travail d'une force de moment constant par rapport à l'axe de rotation est : $W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\theta$

4.2. Travail d'un couple :

Pour une rotation d'angle θ et un couple de moment constant, le travail du couple est :

$W_C = \mathcal{M}_C.\ \theta$

<u>Activité d'application</u>

Le moment d'une force $\vec{F}$ agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe (Δ) est $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 10$ N.m.

Le travail effectué par la force $\vec{F}$ pour une rotation du solide de 100 tours est :

a- $W = 1000\ J$

b- $W = 6283{,}2\ J$

c- $W = -520{,}7\ J$

Recopie la bonne réponse :

Solution

b- $W = 6283{,}2\ J$

5. PUISSANCE D'UNE FORCE APPLIQUEE A UN SOLIDE EN ROTATION :

5.1. Puissance moyenne :

Si une force (ou un couple de forces) effectue en un temps Δt, un travail W, sa puissance moyenne est définie par :

$$\mathbf{P_m = \frac{W}{\Delta t}}$$

5.2. Puissance instantanée :

5.2.1. Cas d'une force en rotation :

$\mathcal{P} = \boldsymbol{\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}).\omega}$

$\mathcal{P}$ en W ; $M_{\Delta}(\vec{F})$ en N.m et ω en rad. s^{-1}.

5.2.2. Cas d'un couple de forces :

$\mathcal{P} = \frac{\delta W_C}{\delta t} = M_C.\frac{\delta \theta}{\delta t} = M_C.\omega \quad \Rightarrow \quad \mathcal{P} = M_C \boldsymbol{.\omega}$

Activité d'application 1

Le moment d'une force $\vec{F}$ agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe (Δ) est $\boldsymbol{\mathcal{M}_{\Delta}}(\vec{F})$ = 10 N.m.

La puissance de cette force lorsque la vitesse angulaire du solide est 2000 $tr.mn^{-1}$ est:

a- $\mathcal{P} = 2094{,}4\ W$

b- $\mathcal{P} = 20000\ W$

c- $\mathcal{P} = 1400{,}5\ W$

Recopie la bonne réponse :

Solution

a- $\mathcal{P} = 2094{,}4\ W$

<u>Activité d'application</u> 2

Une force $\vec{F}$ entraînant un solide dans un mouvement de rotation, développe une puissance de valeur P=320 W. Le solide effectue 22 tours par minute.

Calcule la valeur:

1- de la vitesse angulaire ω;

2-du moment $\boldsymbol{\mathcal{M}_{\Delta}}$ de la force $\vec{F}$.

Solution

1-Calcul de ω :

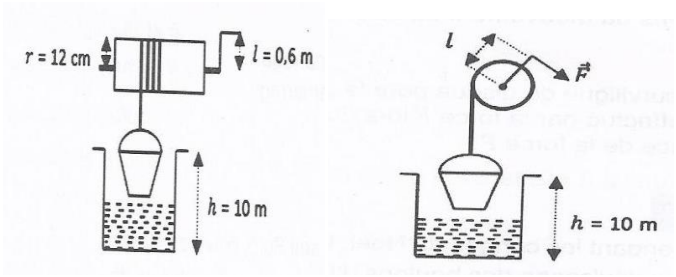
$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ $\omega = 2\pi \frac{22}{60} = 2{,}3$ $rads^{-1}$.

2-Calcul du moment de la force $\vec{F}$:

$\boldsymbol{\mathcal{M}_{\Delta}} = \frac{P}{\omega} = \frac{320 \times 60}{22 \times 2\pi} = 138{,}9$ N.m.

SITUATION D'EVALUATION

Chaque matin, ta camarade de classe utilise un treuil installé sur le puits de la cour familiale pour puiser de l'eau. Ce treuil est constitué d'un tambour et d'une manivelle. Elle fait tourner le tambour de rayon r pour remonter le seau d'eau de masse m d'une hauteur h. Elle exerce alors une force $\overrightarrow{F}$ perpendiculaire à la manivelle de longueur *l* pendant une durée **Δt**, à vitesse constante (voir schéma ci-dessous).



Tu décides de déterminer l'intensité de la force qu'elle exerce sur le bras de la manivelle.

Données :

- ✓ m = 8 kg ; h = 10 m ; $\Delta t = 15$ s ; g = 10N/kg.
- ✓ Le fil qui est enroulé sur le tambour est inextensible et de masse négligeable.

1-Fais l'inventaire et représente les forces appliquées au :

1-1- seau d'eau

1-2- treuil

2-Donne la condition pour laquelle le treuil a un mouvement circulaire uniforme

3-Determine :

3.1- l'intensité F de la force exercée sur la manivelle.

3.2- le travail du poids W($\vec{P}$) du seau d'eau.

3.3- le nombre n de tours effectués par le tambour pour remonter le seau d'eau.

Solution

1- Inventaire des forces:

1.1- Au seau d'eau

$\vec{P}$: poids du seau d'eau

$\vec{T}$: tension de la corde

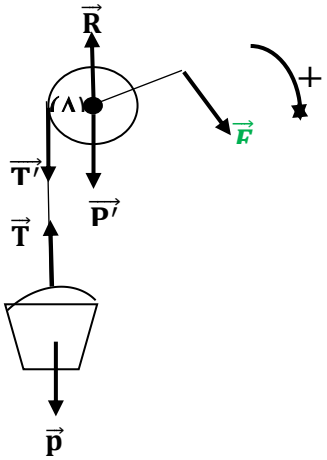
1.2- Au treuil

$\overrightarrow{T'}$: tension de la corde

$\vec{f}$: la force d'Akissi

$\overrightarrow{P'}$: poids du treuil

$\vec{R}$: la réaction du support du treuil



2-Condition :

Le treuil est animé d'un mouvement circulaire et uniforme si la somme algébrique des moments de toutes les forces qui lui sont appliquées est nulle.

3-

3.1- Intensité de la force f exercée sur la manivelle.

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\overrightarrow{T'}) + \mathcal{M}_{\Delta}(\overrightarrow{F}) + \mathcal{M}_{\Delta}(\overrightarrow{P'}) + \mathcal{M}_{\Delta}(\overrightarrow{R}) = 0, \quad T = T' = P$$

$$-T' \times r + F \times l + 0 + 0 = 0$$

$$F \times l = mgr \quad \Longrightarrow \quad F = \frac{mgr}{l}$$

$$A.N:\ F = \frac{8x10x0,12}{0,6} \implies F = 16\ N$$

3.2- Le travail du poids du seau d'eau.

$$W\overrightarrow{(P)} = -mg\boldsymbol{h}$$

$$W\overrightarrow{(P)} = -8x10x10 \implies W\overrightarrow{(P)} = -800\ J$$

3.3- Le nombre de tours effectué par le tambour

$$\boldsymbol{h} = 2\pi rn \implies n = \frac{\boldsymbol{h}}{2\pi r}$$

$$A.N:\ n = \frac{10}{2\pi x0,12}\ ;\ n = 13,3\ tours$$

III. EXERCICES

EXERCICE 1

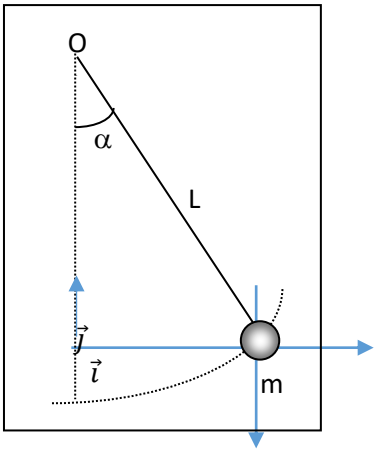
Un pendule simple est constitué d'une bille de masse m = 30 g suspendue par un fil de masse négligeable et de longueur L = 50 cm. On écarte le pendule d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à la verticale puis on le lâche.

1. Fais le bilan des forces qui s'exercent sur la bille et les représenter. On négligera l'action de l'air.
2. Calcule le travail du poids entre la position initiale et la position verticale et dis si ce travail est- moteur ou résistant.

On prendra g = 9,8 N/kg.

3. Déduis le travail de la tension du fil.

Solution



Bilan des forces :

- $\vec{P}$: *le poids de la bille*
- $\vec{T}$: *la tension du fil*

1- Calcul du travail

$$W\overrightarrow{(P)} = -mg\Delta\boldsymbol{z} \qquad avec\ \Delta\boldsymbol{z} = -L(1-\cos\alpha)$$

L'altitude finale est à l'origine de l'axe des côtes.

$$W\overrightarrow{(P)} = mgL(1-\cos\alpha)$$

$$A.N:\ W\overrightarrow{(P)} = 30.10^{-3} \times 9,8 \times 0,5(1-\cos 30°)$$

$$W\overrightarrow{(P)} = 2.10^{-2}J$$

$$W\overrightarrow{(P)} > 0\ donc\ le\ travail\ est\ moteur.$$

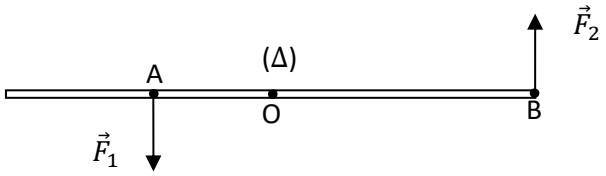
2- Travail de la tension du fil :

$\overrightarrow{(T)}$ *est perpendiculaire* au déplacement à chaque instant donc $W\overrightarrow{(T)} = 0\ J$

EXERCICE 2

Un couple de forces ($\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$) d'intensité $F_1 = F_2 = F = 2$ N, fait tourner une barre d'un angle $\alpha = \frac{\pi}{3}$ rad autour d'un axe (Δ) horizontal passant par le point O et perpendiculaire au plan de la figure, pendant $\Delta\boldsymbol{t}$ =2,5 s.

OA = 1,5 cm et OB = 3,5 cm.



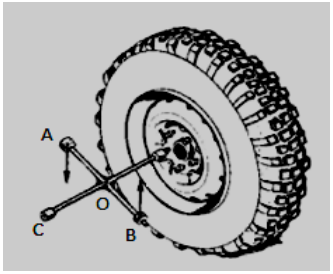
1- Calcule le travail W de ce couple.
2- Calcule sa puissance $\mathcal{P}$.

Solution

1- Travail du couple : $W = F \times AB \times \alpha$ = 2×0,05×$\frac{\pi}{3} = 1{,}05.10^{-1}J$.
2- Puissance du couple : $\mathcal{P} = F \times AB \times \omega$ = 2×0,05×$\frac{\pi}{3\times2{,}5} = 4{,}19.10^{-2}W$.

EXERCICE 3
Pour débloquer un boulon, le mécanicien utilise une clé de roue en croisillon, sur laquelle il exerce simultanément une force au point A et une autre force au point B, de même intensité égale à F=130 N (voir figure ci-dessous). La distance AB sur la clé de croisillon vaut d = 38 cm.
Avec un premier couple de forces sur la clé, celle-ci tourne d'un angle α_1 = 20° autour de l'axe (Δ) horizontal, colinéaire à la droite (CO), pendant Δt =1s. Le déblocage est réussi après un second couple de forces qui fait tourner la clé d'un angle α_2 = 25° pendant la même durée Δt.
De retour des congés, il te relate ces faits et te sollicite pour déterminer la puissance des forces appliquées à la clé pour débloquer totalement le boulon.

1- Définis un couple de forces.
2- Détermine le travail W_C effectué par l'ensemble des forces exercées aux points A et B pour débloquer le boulon.
3-Calcule la puissance $\mathcal{P}$ de ces forces.



Solution
1- On appelle couple de forces, un ensemble de deux forces parallèles, de même intensité et de sens contraires, qui fait tourner un système dans un même sens.
2- Travail effectué par l'ensemble des forces exercées aux points A et B pour débloquer le boulon.
$W_C = M_\Delta(\vec{F}_{1,})\times(\alpha_1+\alpha_2) + M_\Delta(\vec{F}_{2,})\times(\alpha_1+\alpha_2) = F\times AB\times(\alpha_1+\alpha_2) = 130\times0{,}38\times\frac{\pi}{4}$
W_C == 38,8 J
3- La puissance de ces forces : $\mathcal{P} = \frac{W_C}{2\Delta t} = \frac{38{,}8}{2}$ =19,4 W.

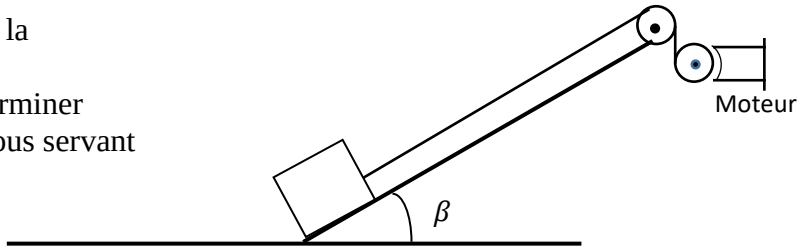
EXERCICE 4

Au cours d'une marche sportive, dans un quartier au relief accidenté, tes amis de classe et toi êtes attirés par la traction d'un bloc métallique de masse m par un moteur en vue de le sortir d'une fosse vide. Pour ce faire, le moteur tracte ce bloc par l'intermédiaire d'un câble rigide et inextensible passant par la gorge d'une poulie de rayon r et de masse négligeable, le long d'un plan incliné d'un angle β. (Voir figure ci-dessous).

Le déplacement du bloc métallique se fait à la vitesse constante V.

De retour à la maison, vous décidez de déterminer la puissance développée par le moteur en vous servant des informations obtenues sur le lieu.

Tu es le rapporteur.



Données :

- ✓ V = 0,9m/s ; r = 15cm ; m = 2t ; **β** = 60° ; g = 10N/kg.
- ✓ Le câble entraine la poulie sans glissement et sa masse est négligeable.
- ✓ Tous les frottements sont négligeables.

1-Donne l'expression de la vitesse angulaire ω de la poulie.

2-Calcule ω.

3-Détermine :

3-1-la valeur de la tension $\vec{T}$ du câble.

3-2-le moment de la force d'entrainement de la poulie par rapport à son axe.

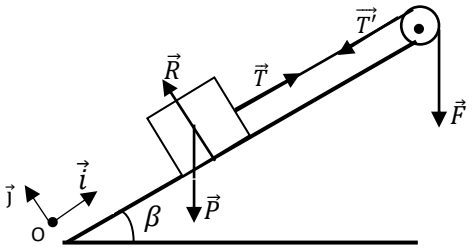
4-Détermine la puissance développée par le moteur.

Solution

1-Expression de la vitesse angulaire : $\omega = \frac{v}{r}$

2-Calcul de ω : $\omega = \frac{0,9}{0,15}$

ω = 6 rad/s



3-

3-1 Valeur de la tension $\vec{T}$:

$\vec{R} + \vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$

Projection sur (o ;$\vec{i}$)

-psin β + T = 0 ↔ T = mg.sin β

T= 2000×10× sin(60) ↔ T= 17320,50N

3-2. Moment de la force d'entrainement :

V = cste : $M_\Delta(\vec{F})$ + $M_\Delta(\vec{T})$ = 0 . En norme T =T' donc : $M_\Delta(\overrightarrow{T'})$ = −T'×r = −T×r

$M_\Delta(\vec{F})$ = − $M_\Delta(\overrightarrow{T'})$ = T×r = 17320,50×0,15

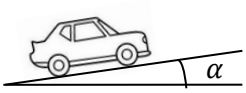
$M_\Delta(\vec{F})$ = 2598,075N.m

4- Puissance développée : $P_m = M_\Delta(\vec{F})\times \omega$ ou P_m = T×v

P_m = 17320,5× 0,9

P_m =15588,45W.

EXERCICE 5



Tu empruntes avec ton ami un taxi communément appelé "woroworo" pour te rendre au cours. Le taxi de masse m = 500 kg (passagers compris) monte une côte de pente 6 % à la vitesse constante v = 40 km/h.

Le régime du moteur est de 4000 tr. min^{-1}. Les forces de frottements sont équivalentes à une force unique $\vec{f}$ parallèle, opposée au déplacement et d'intensité f = 1200 N.

Ton ami te propose, une fois à destination de déterminer le travail et la puissance des forces intervenant dans votre mouvement.

Tu assimileras le taxi à un solide ponctuel.

Donnée : g=10 m/s^2.

1. Fais le bilan des forces qui s'exercent sur l'automobile et représente-les sur un schéma.
2. Rappelle le principe de l'inertie puis écris la relation vectorielle entre les différentes forces qui s'exercent sur l'automobile.
3. Déduis-en l'intensité F de la force motrice
4. Calcule :
   4.1 la puissance nécessaire développée par le moteur de l'automobile.
   4.2 le moment du couple- moteur.

Corrigé

1. système : l'auto

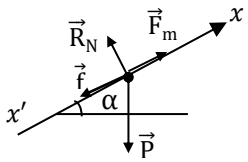
Bilan des forces :

$\vec{P}$: poids de l'auto

$\vec{R}_N$: réaction normale du plan

$\vec{f}$: force de frottement

$\vec{F}_m$: la force motrice de l'auto.



2. Dans certains référentiels appelés référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un solide isolé ou pseudo isolé a un mouvement rectiligne uniforme s'il est en mouvement ou il reste au repos s'il est initialement immobile.

$v = cte \Longrightarrow \vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{F}_m = \vec{0}$

3. Projection sur $(x'x)$ donne : $F_m = \frac{6}{100}mg + f = 2100N$

4.1 $\mathcal{P} = F_m . v = 23{,}3kW$;

42. $\mathcal{M} = \frac{\mathcal{P}}{\omega} = 55{,}6N.m$

IV. DOCUMENTATION

En physique, la **puissance** reflète la vitesse à laquelle un travail est fourni. C'est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. La puissance correspond donc à un débit d'énergie : si deux systèmes de puissances différentes fournissent le même travail, le plus puissant des deux est celui qui est le plus rapide.

Dans le système international, une puissance s'exprime en watts, ce qui correspond à des joules par seconde, ou de façon équivalente à des kg m^2S^{-3}. Une unité ancienne était le cheval vapeur, où la capacité de traction d'une machine à vapeur était comparée à celle d'un cheval de trait.

En tant que grandeur physique, la puissance reflète à la fois la notion de changement matériel dans l'univers, et du temps nécessaire à effectuer ce changement. La puissance se distingue en cela du travail, qui ne prend en compte que le changement, mais non la durée nécessaire.

Ainsi, par exemple, le même travail est effectué lorsqu'une charge pesante est transportée en haut d'un escalier, que le porteur le fasse en marchant ou en courant ; mais la puissance nécessaire dans ce second cas est beaucoup plus grande, d'autant plus que le délai d'accomplissement de ce travail est plus faible.

Un autre exemple paradoxal est que la « combustion complète » d'un kilogramme de charbon produit plus d'énergie que l'explosion d'un kilogramme de TNT : brûler du charbon produit de l'ordre de 15 à 30 mégajoules /kilogramme, tandis que l'explosion de TNT produit à peu près 4,7 MJ kg^{-1} La différence essentielle est en fait une différence de puissance : l'explosion du TNT étant beaucoup plus rapide que la combustion du charbon, la puissance du TNT est bien supérieure à celle du charbon à poids égal, bien que l'énergie intrinsèque du charbon soit supérieure à celle du TNT.

Dans cette leçon, les notions abordées ci-dessous sont appliquées au mouvement de rotation.

Un solide est en mouvement de rotation si la trajectoire de tous ses points sont des cercles dont le centre est une même droite ; cette droite est appelée « axe de rotation », et habituellement notée Δ.

En cinématique dans le plan, les trajectoires des points sont des cercles concentriques, le centre commun de ces cercles est appelé « centre de rotation » et habituellement noté O.

La rotation est donc un mouvement bien distinct de la translation circulaire, mouvement dans lequel les trajectoires des points sont également des cercles, mais de même rayon et de centres différents.

Source : Wikipédia

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME : MECANIQUE

Titre de la leçon : ENERGIE CINÉTIQUE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un groupe d'élèves de 1èreC du Lycée Moderne Leboutou assiste à un accident devant le portail principal. Un véhicule roulant à vive allure vient percuter violemment un autre véhicule immobile. Le véhicule en mouvement a causé d'importants dégâts matériels et est complètement froissé. L'un des élèves affirme que l'importance de ces dégâts est dû au fait que le véhicule possédait une énergie cinétique très grande au moment du choc. Pour en savoir davantage, sous la direction de leur professeur, les élèves décident avec leurs camarades de classe de s'informer sur l'énergie cinétique d'un solide en mouvement, de connaître son expression et d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. ENERGIE CINETIQUE :

1.1. Définition :

L'énergie cinétique d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de sa vitesse.

1.2 Expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation :

Un point matériel M, de masse m, animé dans un repère donné de la vitesse $\vec{v}$ de norme v, possède l'énergie cinétique E_c : $\mathbf{E_c = \frac{1}{2} mv^2}$.

Unités : m en kg ; v en m. s^{-1} ; E_c en joules (J).

1.3 Energie cinétique d'un ensemble de points matériels :

Soit un ensemble de points matériels M_1, M_2, …, M_i, …M_n de masses respectives m_1, m_2,…, m_i,…, m_n et dont les vitesses, à l'instant considéré valent v_1, v_2,…, v_i,…v_n.

- Pour le point M_i (m_i, v_i) : $E_{ci} = \frac{1}{2} m_i.v_i^2$

L'énergie cinétique, à l'instant considéré, de l'ensemble des points est la somme des énergies cinétiques de chacun d'eux.

- Pour l'ensemble des points : $\mathbf{E_c = \sum E_{ci} = \sum \frac{1}{2} m_i.v_i^2}$

Activité d'application 1

Une bille de masse m = 250 g se déplace sur une route rectiligne à la vitesse V = 2 m.s^{-1}.

1- Donne l'expression de son énergie cinétique.
2- Calcule la valeur de cette énergie $\mathbf{E_c}$.

Solution

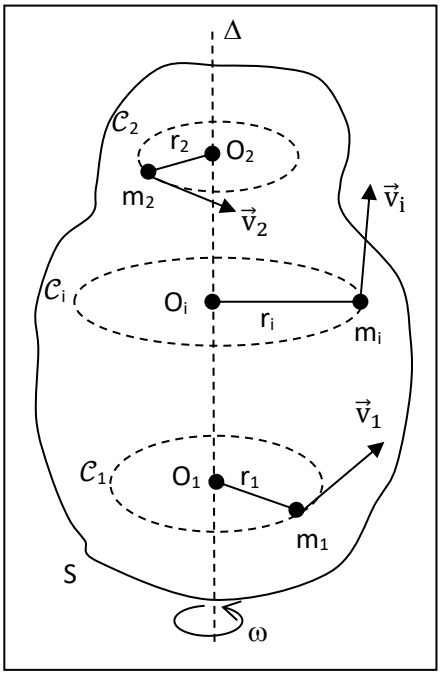
1- Expression de l'énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2} mV^2$

2- $E_c = \frac{0{,}25 \times 2^2}{2} =$ 0,5 J

1.3. Energie cinétique de rotation *(pour la 1ère C)*

1.3.1 Expression

Le solide S est en rotation autour de l'axe fixe Δ et on le considère comme un ensemble de points matériels. Le point M_i de masse m_i se déplace sur le cercle $\mathcal{C}_i$ dont le plan est perpendiculaire à Δ.
Le centre de $\mathcal{C}_i$ est O_i et le rayon et $O_iM_i = r_i$.
A l'instant considéré, la vitesse angulaire de S est ω et tous les points de S ont la même vitesse angulaire ω.



- L'énergie cinétique du point M_i est :

$E_{ci} = \frac{1}{2}m_i.v_i^2 = \frac{1}{2}m_i.(r_i.\omega)^2 = \frac{1}{2}m_i.r_i^2\omega^2$ car $v_i = r_i.\omega$

- L'énergie cinétique du solide S est :

$E_c = \sum Ec_i = \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \sum \frac{1}{2}m_i.(r_i.\omega)^2 = \frac{1}{2}\omega^2 \sum mi.r_i^2$

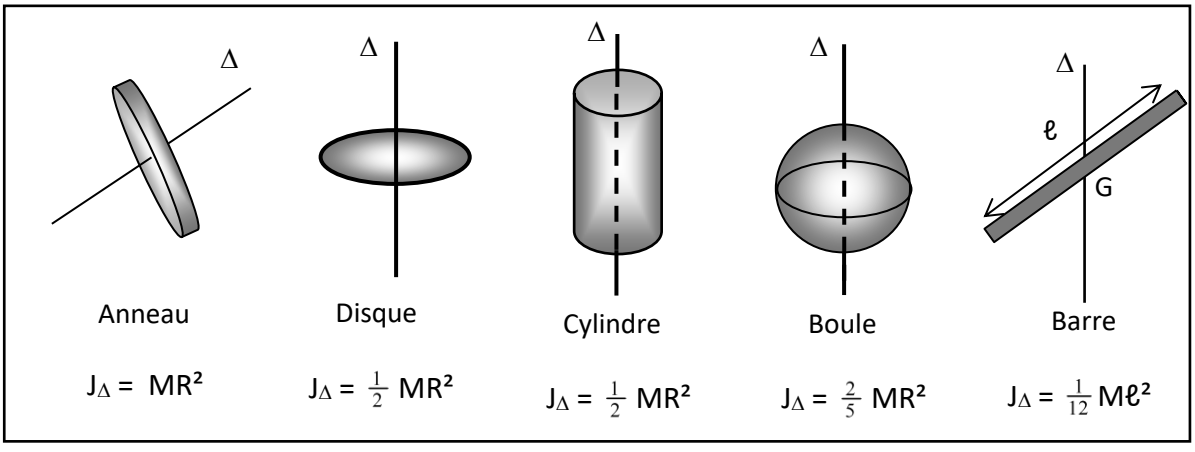
Car $\boldsymbol{\omega}$ a la même valeur pour chaque point matériel.
On pose : $\mathbf{J_\Delta = \sum mi.r_i^2}$.
C'est une grandeur caractéristique du solide S. Elle dépend de la répartition des masses qui le constituent autour de l'axe Δ. On l'appelle **moment d'inertie du solide par rapport à l'axe** Δ.
Donc : $\mathbf{Ec = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2}$.

Conclusion : L'énergie cinétique d'un solide de moment d'inertie $\mathbf{J_\Delta}$ tournant autour d'un axe fixe (Δ), à un instant où sa vitesse angulaire est ω est : $\mathbf{E_c = \frac{1}{2} J_\Delta.\omega^2}$

- E_c : énergie cinétique en joules (J) ;
- ω : vitesse angulaire en rad. s^{-1} ;
- J_Δ : moment d'inertie par rapport à Δ en kg. M

1.3.2 Moments d'inertie de quelques solides homogènes :

- M : masse du solide ;
- R : rayon du solide.



Activité d'application

Un solide animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe (Δ), a pour vitesse angulaire ω égale à 0,5 rad.s^{-1}. Son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation est $J_\Delta = 6.10^{-1}$ kg.m^2.

1- Donne l'expression de son énergie cinétique.
2- Calcule la valeur de cette énergie E_c.

Solution

1- $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$.

2- $E_c = \frac{6.10^{-1} \times 0{,}5^2}{2} = 7{,}5.10^{-2}$ J

2. THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE :

2.1. Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide, entre deux instants t_1 et t_2, est égale à la somme algébrique des travaux des forces extérieures qui s'exercent sur le solide entre ces deux instants : $\Delta \boldsymbol{E_C} = \sum \boldsymbol{W_{1-2}}(\vec{\boldsymbol{F}})$

2.2. Méthode d'étude :

Avant d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique, il faut :

❶ Préciser le système.

❷ Préciser les différentes forces qui s'exercent sur le système.

❸ Préciser les deux instants entre lesquels on applique le théorème.

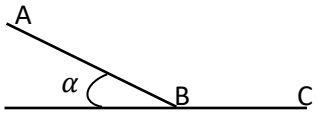
Activité d'application

Un objet de masse m = 85 kg descend une piste ABC sans vitesse initiale avant de s'arrêter en C.

Données : α = 30° ; AB = 20m; BC = 30m ; g = 10N/kg.

1-Détermine la vitesse V_B

2-Détemine la valeur des forces de frottement sur le parcours BC.



Solution

1. Valeur de V_B

Théorème de l'énergie cinétique sur AB :

$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) = mgh = mgAB\sin\alpha = \frac{1}{2}mV_B^2 - 0$

Alors $V_B = \sqrt{2gAB\sin\alpha} = \sqrt{2 \times 10 \times 20 \times 0{,}5} = 14{,}14$m/s

2. Valeur des forces de frottements sur le parcours BC

Théorème de l'énergie cinétique sur BC :

$\Delta E_C = \frac{1}{2}mV_C^2 - \frac{1}{2}mV_B^2 = W(\vec{f}) + W(\vec{P}) + W(\vec{R})$ d'où $-\frac{1}{2}mV_B^2 = -f \times BC$

donc $f = mV_B^2/2BC$;

AN : f = 283,33 N

SITUATION D'EVALUATION

Un samedi matin des congés de Noël, tu effectues un voyage avec tes camarades de classe pour une randonnée.

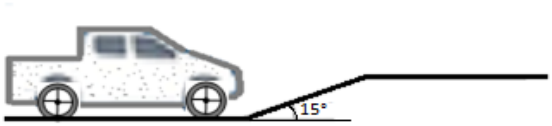
La charge constituée par la voiture et vous, a un poids total P = 1300 N.

Le conducteur démarre la voiture, aborde une côte avec la vitesse de $v_1 = 3$ m.s^{-1} puis atteint son sommet avec la vitesse $v_2 = 12$ m.s^{-1}. La distance parcourue sur cette côte, qui présente une ligne de plus grande pente faisant un angle $\beta = 15°$ avec le plan horizontal, est L = 50 m.

Du sommet de la côte, la voiture aborde une partie horizontale de la route en maintenant sa vitesse constante sur une distance d, avant de freiner sur autre distance d'= 40 m pour éviter de « cogner » un chien errant.

Durant tout le mouvement, les forces de frottement sont assimilées à une force unique $\vec{f}$ de valeur f = 780N ($f = 0{,}6\ P$).
Pour les besoins, tu utiliseras comme intensité de la pesanteur, g = 10 N.kg^{-1}.

Tu es désigné par tes camarades pour montrer que les élèves de votre classe sont capables d'évaluer les forces appliquées à la voiture.



1- Énonce le théorème de l'énergie cinétique.

2- Détermine la valeur F de la force de propulsion $\vec{F}$ exercée par le sol sur les roues de la voiture (force motrice):

2.1- durant son trajet sur la côte;

2.2- sur le plan horizontal pendant que sa vitesse est constante.

3- Détermine la valeur F' de la force de freinage de la voiture.

Solution

1- Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide pendant un instant est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées pendant le même instant.

2- Valeur de la force motrice F de la voiture :

2.1- durant son trajet sur la côte

Inventaire des forces : $\vec{F}$ la force motrice, $\vec{f}$ la force de frottement, $\vec{P}$ le poids de la voiture et $\vec{R}$ la réaction normale du plan.

$\frac{1}{2}mV_2{}^2 - \frac{1}{2}mV_1{}^2 = \text{W}(\vec{F}) + \text{W}(\vec{f}) + \text{W}(\vec{P}) + \text{W}(\vec{R})$

$= \text{FL} - f\text{L} - \text{PL}\sin 15° + 0$

$F = \frac{1}{L}(\frac{1}{2}mV_2{}^2 - \frac{1}{2}mV_1{}^2) + f + \text{P}\sin 15°)$

$F = \frac{1}{50}(\frac{1}{2}1300(12)^2 - \frac{1}{2}1300(3)^2) + 780 + 1300\sin 15°$

F = 2871,46 N

2.2- Sur le plan horizontal pendant que sa vitesse est constante :

$F \times \text{d} - f \times \text{d} = 0$, d'où $F = f$ = 780 N

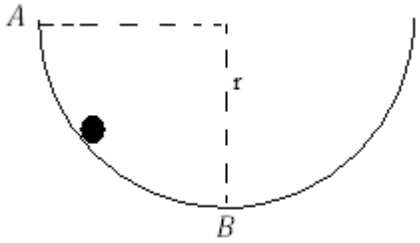
3- La force de freinage F' de la voiture.

$0 - \frac{1}{2}mV_2{}^2 = -(f + F')\text{d}'$ donc F' = $(\frac{1}{d'})\frac{1}{2}mV_2{}^2 - f$

Ce qui donne F' = $0{,}5 \times 1300 \times 12^2 \ \frac{1}{40}$ - 780; F' = 1 560 N

III. EXERCICES

Exercice 1



Un objet de forme cubique de masse m = 100 g peut glisser à l'intérieur d'une cuvette demi-sphérique de rayon r = 0,5 m. On le lâche sans vitesse initiale du bord A de cette cuvette. Elle atteint le point B avec une vitesse V_B.

1 - Calcule la vitesse V_B de la bille au point B.

2 - En réalité la bille atteint le fond B avec la vitesse $V'_B = 2{,}5\ m.s^{-1}$.

Précise si la bille est soumise à des forces de frottement.

3- Détermine :

3.1 le travail total $W(\vec{f})$ de ces forces de frottement $\vec{f}$ au cours du mouvement de la bille dans le cas où elles existeraient.

3-2 l'intensité f de ces forces.

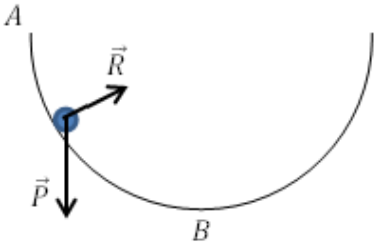
Solution

1 - Calcul de V_B

- Système: bille
- Inventaire des forces: - Poids $\vec{P}$ de la bille
  - Réaction $\vec{R}$ de la cuvette
- Le théorème de l'énergie cinétique entre A et B:

$$\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$$

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R})$$



$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_B^2 = mgr$ avec $W_{AB}(\vec{R}) = 0$ Jcar $\vec{R}$ est perpendiculaire au déplacement et $V_A = 0$ m/s,

donc $V_B = \sqrt{2gr} = \sqrt{2 \times 10 \times 0{,}5} = 3{,}16\ m.s^{-1}$.

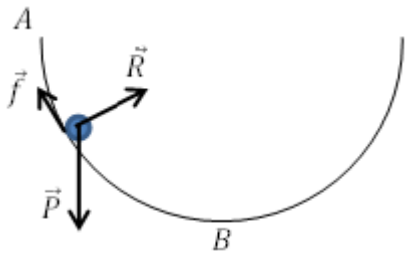
2 - Présence des forces de frottement

La bille est soumise à des forces de frottement car $V'_B < V_B$.

3-

3-1 Calcul du travail des forces de frottement

- Système: bille
- Inventaire des forces:
  - Poids $\vec{P}$ de la bille
  - Réaction $\vec{R}$ de la cuvette
  - Force de frottement $\vec{f}$



- Le théorème de l'énergie cinétique entre A et B:

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{f})$$

Avec $W_{AB}(\vec{R}) = 0$ et $V_A = 0$,

$\frac{1}{2}mV_B^2 = mgr + W_{AB}(\vec{f})$

d'où $W_{AB}(\vec{f}) = \frac{1}{2}mV_B^2 - mgr$

$W_{AB}(\vec{f}) = \frac{1}{2} \times 0{,}1 \times (2{,}5)^2 - 0{,}1 \times 10 \times 0{,}5 = -0{,}19\ J.$

3-2 Intensité f des forces de frottement

$W_{AB}(\vec{f}) = -f.\widehat{AB} = -f.r\frac{2\pi}{4}$

$\widehat{AB}$ est un quart de cercle.

$$f = -2\frac{W_{AB}(\vec{f})}{\pi r} \quad f = -2\frac{(-0,19)}{\pi \times 0,5} = 0,24\ N$$

EXERCICE 2

Recopie les groupes de mots ci-dessous dans l'ordre de manière à obtenir une phrase correcte, en rapport avec le théorème de l'énergie cinétique :

/d'un solide/ entre ces deux instants. / somme algébrique/ La variation de l'énergie cinétique/ entre deux instants / des travaux de/ toutes les forces extérieures appliquées / est égale à la/

Solution

La variation de l'énergie cinétique d'un solide entre deux instants est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures appliquées entre ces deux instants.

EXERCICE 3

Un volant en fonte est constitué d'un cylindre de rayon R = 50 cm et de hauteur h = 1 m. La masse volumique de la fonte est $\rho = 7600$ kg .m^{-3}.

1 - Détermine le moment d'inertie J_Δ du cylindre par rapport à son axe.

2 - Calcule son énergie cinétique E_c lorsqu'il tourne à une vitesse de $\omega_1 = 1\,400$ tr.min^{-1}

3 - Sa vitesse diminue à $\omega_2 = 1300$ tr.min^{-1} en $\Delta t = 4$ s.

Calcule la puissance moyenne restituée par la diminution de l'énergie cinétique du volant.

Solution

1 - Moment d'inertie du cylindre

$J_\Delta = \frac{1}{2}mR^2 = \frac{1}{2}\rho V R^2$ or $V = \pi R^2 h$; $J_\Delta = \frac{1}{2}\rho\pi R^2 h R^2$;

$J_\Delta = \frac{1}{2}\rho\pi h R^4 = 7600 \times \pi \times 1 \times \frac{0,25^4}{2} = 46,6$ kg.m^2

2 - Energie cinétique à 1400 tr/mn

$E_C = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$ avec $\omega = \frac{2\pi N}{60}$ où N est en tr/min $\Rightarrow$

$E_C = \frac{1}{2} \times 46,6 \times (\frac{2\pi \times 1400}{60})^2 = 5,0.10^5$ J

3 - Puissance moyenne restituée

L'énergie cinétique du volant après la diminution de la vitesse angulaire ($\omega_2 = 1300$ tr.min^{-1}) est:

$E_{C'} = \frac{1}{2}J_\Delta\omega'^2$

A.N. $E_C = \frac{1}{2} \times 46,6 \times (\frac{2\pi \times 1300}{60})^2 = 4,32.10^5$ J

$\Delta Ec = E_{C'} - E_C = -6,8.10^4$ J

L'énergie restituée est $E_r = 68$ kJ. $\Rightarrow$ La puissance restituée est: $P = \frac{E_r}{\Delta t}$

A.N. $P = \frac{6,8.10^4}{4} = 1,7.10^4$w

EXERCICE 4

Au cours d'une séance de révision de vos leçons dans ta salle d'étude, ton voisin de classe te propose d'appliquer vos connaissances sur l'énergie cinétique pour déterminer la hauteur maximale atteinte par un projectile lancé à partir du jouet de ton petit frère. Ce jouet est constitué d'un canon à ressort de longueur à vide l_0, capable de lancer un petit projectile de masse m à une certaine hauteur. Ton voisin place le

canon verticalement et lance le projectile en comprimant le ressort d'une longueur *l.* Tu décides en premier de déterminer la hauteur maximale atteinte par le projectile.

Données :

- ✓ m = 0,030kg ; l_0 = 10 cm ; *l* = 5 cm ; g= 10N/kg ;
- ✓ Une force d'intensité F= 10N provoque un raccourcissement de *x*= 0,5cm ;
- ✓ L'action de la pesanteur et les forces de frottements sont négligeables.

1. Enonce le théorème de l'énergie cinétique
2.

2-1-Donne l'expression de la constante de raideur k du ressort en fonction de F et de *x.*
2-2-Calcule la valeur de k.
3 Détermine :

3-1 La vitesse v_1 du projectile à la sortie du canon.
3-2-La hauteur maximale atteinte par le projectile.

Solution

1-

1-1-Expression de k : F = k.x donc k = $\frac{F}{x}$

1-2-Valeur de k : k = $\frac{10}{0,005}$ donc k = 2000N/m.

2-

2-1-vitesse v_1

Théorème de l'énergie cinétique :

$\frac{1}{2}m\,v_1^2 - \frac{1}{2}m\,v_0^2 = W(\vec{T})$

$\frac{1}{2}m\,v_1^2 = \frac{1}{2}k(l-l_0)^2$

$v_1 = \sqrt{\frac{k(l-l_0)^2}{m}}$.

AN : $v_1 = \sqrt{\frac{2000(0,05-0,1)^2}{0,03}}$

v_1= 12,9m/s

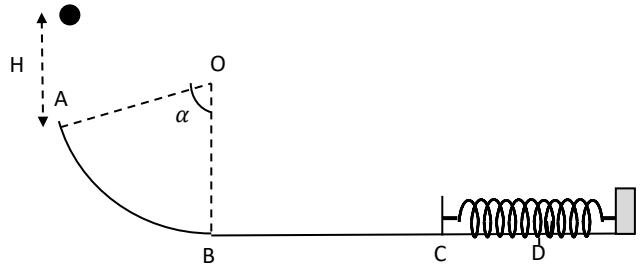
2-2 Hauteur maximale atteinte :

$\frac{1}{2}m\,v_f^2 - \frac{1}{2}m\,v_1^2 = -mgh_{max}$

v_f = 0 ; $h_{max} = \frac{v_1^2}{2g}$; A.N : $h_{max} = \frac{12,9^2}{20}$ = 8,32 m.

EXERCICE 5 (1ère C)

Un groupe d'élèves de première scientifique se propose de déterminer la compression du ressort utilisé dans un jeu d'enfant. La piste de jeu comporte une partie de forme circulaire de rayon r prolongée par une partie horizontale sur laquelle est fixée un ressort de raideur k. comme le montre la figure ci-dessous.



Pour jouer, il faut laisser tomber sans vitesse initiale, une bille ponctuelle de masse m située à la hauteur H du point A. La bille se déplace alors sur la piste ABC. Elle vient heurter l'extrémité libre du ressort qui se comprime d'une longueur x et s'arrête en D. Au cours de son mouvement, la bille est soumise à des forces de frottement d'intensité f constante qui s'annulent au-delà du point C.
Tu es désigné pour rédiger le compte rendu.

Données : m = 30 g ; k = 2.10^{-1}N.m^{-1} ; g = 10N/kg ; H = 50 cm ;
R = 50 cm ; α = 60° : BC = 50 cm ; f = 4,3 N.

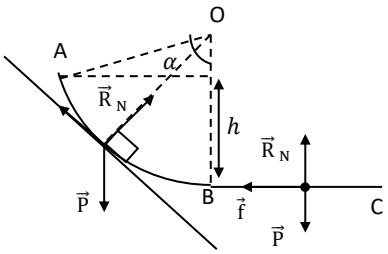
1. Enonce le théorème de l'énergie cinétique.
2. Calcule l'énergie cinétique de la bille lorsqu'elle arrive au point A.
3. Représente les forces qui s'exercent sur la bille :
   3.1 aux points M et M'.
   3.2 en contact avec le ressort comprimé de x ;
4. Calcule x puis explique ce qui se passe après l'instant d'arrêt.

Corrigé

1. La variation, pendant une durée donnée de l'énergie cinétique d'un solide animé d'un mouvement de translation quelconque ou d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe, est égale à la somme algébrique des travaux effectués par les forces extérieures appliquées au solide pendant la même durée.

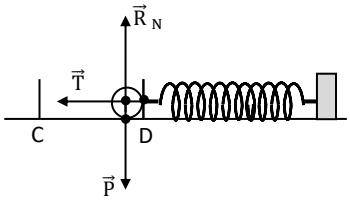
2.
Système : la bille
Bilan des forces :
$\vec{P}$: Poids du système
Appliquons le théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{ext})$
$E_{C_A} - E_{C_H} = W(\vec{P})$ or $E_{C_H} = 0$ car la vitesse initiale est nulle et $W(\vec{P}) = m\,g\,H$ donc
$E_{C_A} + 0 = m\,g\,H \Longrightarrow$
$E_{C_A} = mgH$; $E_{C_A} = 0{,}15$ J

3.
3.1



Bilan des forces entre A et C :
$\vec{P}$: Poids du système
$\vec{R}_N$: réaction normale de la piste ABC
$\vec{f}$: force de frottement

3.2



Système: la bille
Bilan des forces entre C et D :
$\vec{P}$: Poids de la bille
$\vec{R}_N$: réaction normale de la piste CD
$\vec{T}$: tension du ressort.

4. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre A et D :
$\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{ext})$
$E_{C_D} - E_{C_A} = W_{A\to D}(\vec{P}) + W_{A\to D}(\vec{R}_N) + W_{A\to C}W(\vec{f}) + W_{C\to D}(\vec{T})$
$0 - E_{C_A} = mgh + 0 - f\left(\widehat{AB} + BC\right) - \frac{1}{2}\,k\,x^2$

$x = \sqrt{\frac{2\left[E_{C_A} + m\,g\,r(1-\cos\alpha) - f\left(r\frac{\pi}{3} + BC\right)\right]}{k}}$; $x = 4\ cm.$

Après l'instant d'arrêt, la balle rebrousse chemin.

IV. DOCUMENTATION

L'énergie cinétique est l'énergie que possède un corps du fait de son mouvement. L'énergie cinétique d'un corps est égale au travail nécessaire pour faire passer ledit corps du repos à son mouvement. On peut déduire de cela, dans le cadre de la physique newtonienne, qu'une variation d'énergie cinétique d'un solide pendant une certaine durée est égale au travail des forces externes exercées sur ce corps. C'est le théorème de l'énergie cinétique.

Le terme même d'énergie cinétique semble remonter au physicien William Thomson, plus connu sous le nom de Lord Kelvin. Il dérive en fait du mot grec *kinesis* signifiant mouvement. Toutefois, le concept est plus ancien puisqu'il provient des réflexions sur la mécanique de Gottfried Leibniz et Johann Bernoulli, qui décrivaient l'énergie cinétique comme une *vis viva*, en latin, c'est-à-dire la force vivante responsable du mouvement des corps. Leibniz se fit l'avocat d'une définition mathématique de la vis viva, qu'il introduisit comme le produit de la masse d'un objet par le carré de sa vitesse (mv^2), pendant les années 1676-1689, par opposition à la quantité de mouvement mv de Descartes et Newton censée jouer un rôle similaire.

De nos jours, l'énergie cinétique E_k d'une particule est un concept différent de sa quantité de mouvement p mais n'en est pas indépendant. Ainsi, en mécanique newtonienne, on a pour une particule de masse m en translation à la vitesse v : $E_k = 1/2\ mv^2 = p^2/2m$

On peut définir une énergie cinétique de rotation et de translation. Son unité légale est le joule. Les calculs s'effectuent avec les masses en kg et les vitesses en ms^{-1}. Comme la vitesse, l'énergie cinétique d'un corps est relative et dépend du référentiel.

On peut relier l'énergie cinétique moyenne des particules dans un gaz chaud à la température de ce gaz. On parle encore d'énergie cinétique d'un corps en physique quantique et en mécanique relativiste. Toutefois, dans le cadre de la théorie de la relativité, la formule donnant l'énergie cinétique n'est pas la même.

Source : Futura science. https://www.futura-sciences.com/

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 1 : MECANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ENERGIE POTENTIELLE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

En partance pour l'école à 06 heures 30 minutes, un groupe d'élèves de 1ème C scientifique d'un Lycée assiste à une scène sur la côte menant au lycée. Un camion remorque chargé de billes de bois ne pouvant plus monter la côte, se met à descendre de plus en plus vite et se retrouve au bas de la côte. Ayant frôlé la catastrophe, les élèves, sous la supervision de leur professeur, décident avec leurs camarades de classe, de faire des recherches aux fins de définir et de connaitre les expressions des différentes énergies potentielles, de les déterminer puis de connaître quelques-unes de leurs applications.

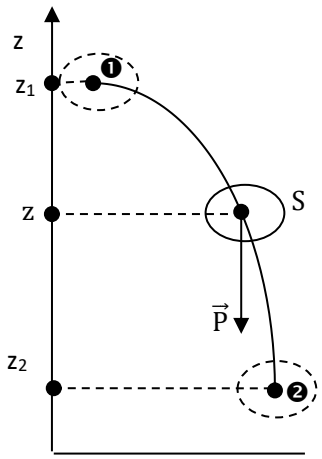
II. CONTENU DE LA LECON

1. ENERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR

1.1. Définition

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de sa position par rapport à la Terre.

1.2. Expression



Un solide S de masse **m** passe de la position ❶ à la position ❷ :

$W_{12}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2) =$ **$mgz_1 - mgz_2$.**

On peut dire que le travail du poids $W_{12}(\vec{P})$ est égal à la différence des valeurs prises par une fonction Ep(z) entre la position ❶ (où $z = z_1$) et la position ❷ (où $z = z_2$) telle que : $\boldsymbol{E_P(z) = mgz + C}$ où :

- C est une constante arbitraire
- $E_P(z)$ est l'énergie potentielle de pesanteur.
- m : masse du solide (kg) ;
- g : intensité de la pesanteur ($N.kg^{-1}$) ;
- z : altitude du centre d'inertie (m).

Unité : L'unité de l'énergie potentielle de pesanteur est le joule (J)

1.3. Etat de référence :

La position de référence est la position du solide pour laquelle l'énergie potentielle de pesanteur est considérée comme nulle. Sa côte est notée z_o.

L'expression de l'énergie potentielle est :

$E_p(z) = mgz + C$

Détermination de la constante C.

En z_0 , $E_p(z_0) = 0$, donc $mgz_0 + C = 0$; $C = - mgz_0$ $\Rightarrow$ $E_P(z) = mgz - mgz_o$

ecole-ci.online (Ce document ne peut être vendu sous aucune condition- Tout contrevenant s'expose à des poursuites judiciaires)

Remarque

- ***Si*** $z < z_0$, $E_{PP}(z) < 0$
- ***Si*** $z > z_0$, $E_{PP}(z) > 0$

1.4. Variations de l'énergie potentielle :

$\Delta Ep = Ep_2 - Ep_1 = (mgz_2 + cte) - (mgz_1 + cte) = mg(z_2 - z_1) = mg.\Delta z$ soit

$\Rightarrow \quad \Delta E_P = mg\Delta z$ où Δz = variation de l'altitude z.

$\Rightarrow \quad \Delta E_P = -W(\vec{P})$

Activité d'application 1

Un objet de masse m = 500 g est lancé vers le haut et atteint un point M d'altitude z = 20 m.

1. Calcule l'énergie potentielle de pesanteur Ep de l'objet en M:

1.a) par rapport à la position M;

1.b) par rapport au sol;

1.c) par rapport au fond d'un puits de profondeur 10 m.

2.

2.a) Calcule la variation de l'énergie potentielle quand elle est définie par rapport au sol

2.b) Compare cette variation au travail du poids et conclus

Résolution

1.

1.a) $Ep = mg(z - z_o) = 0$ J car $z = z_o$

1.b) $Ep = 0,5x10x(20 - 0) = 100$ J

1.c) $Ep = 0,5x10x(20 - (-10)) = 150$ J

2.

2.a) $\Delta E_{pp} = mg\Delta z \rightarrow \Delta E_{pp} = mg(z - 0) \rightarrow \Delta E_{pp} = 0,5 \text{ x } 10 \text{ x } (20 - 0) = 100$ J

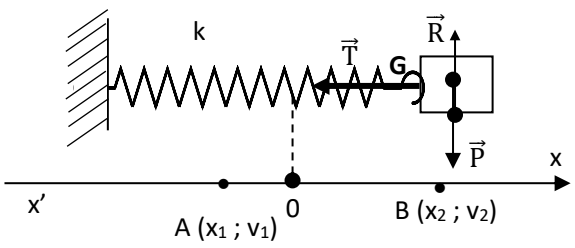
2.b) $W_{\overrightarrow{(P)}} = mg(0 - z) = -100$ J

Conclusion : $\Delta E_{pp} = -W(\overrightarrow{P})$

2. ENERGIE POTENTIELLE ELASTIQUE (Cette partie concernes les élèves des 1ères C-E)

2.1. Définition

Un solide de masse m est accroché à un ressort de raideur k. L'ensemble constitue **un pendule élastique**. Tirons le solide S, puis lâchons-le. Il se déplace sans frottement sur le plan horizontal.



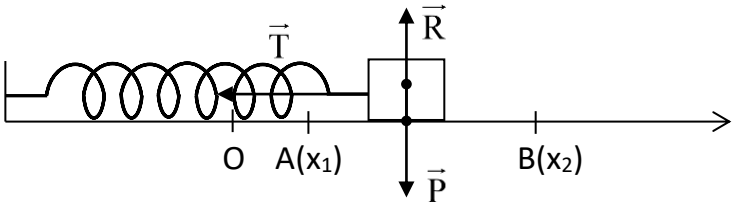
D'où la définition :

L'**énergie potentielle élastique** d'un ressort de raideur **k** est l'énergie que possède ce ressort du fait de son **allongement x**. Son expression : $\mathbf{E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2}$

x : déformation (allongement ou raccourcissement) du ressort en mètre(m); k : raideur en $N.m^{-1}$; E_{pe} en J.
x est le paramètre de position relative du système.
L'énergie potentielle élastique est considérée nulle dans la position d'équilibre, x = 0.

2.2.Variation de l'énergie potentielle élastique

Soit le système ci-dessous :



Soit les points A d'abscisse x_1 et B d'abscisse x_2, deux positions occupées par le ressort ; O étant la position à vide du ressort.

Les énergies potentielles élastiques du ressort en A et en B sont respectivement :

$\mathbf{Ep_{e(A)} = \frac{1}{2}kx_1^2}$ et $\mathbf{Ep_{e(B)} = \frac{1}{2}kx_2^2}$

Entre les positions A et B, la variation d'énergie potentielle élastique s'écrit :

$$\Delta E_{Pe} = E_{Pe_B} - E_{Pe_A} = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2$$

$$= \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$$

$$= -\frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)$$

Or $W_{AB}(\overrightarrow{T}) = -\mathbf{\frac{1}{2}kx_2^2} + \mathbf{\frac{1}{2}kx_1^2}$

$= \mathbf{\frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)}$

$$\boxed{\Delta E_{Pe} = -W_{AB}(\overrightarrow{T})}$$

La variation de l'énergie potentielle élastique d'un ressort est égale à l'opposé du travail de la tension du ressort.

Activité d'application 2

Un ressort, de longueur à vide $\ell_0 = 20$ cm, de raideur k = 20 N/m, est comprimé à la moitié de sa longueur.
1. Calcule l'énergie potentielle élastique E_{pe} que possède ce ressort.
2.
2.1. Calcule la variation de cette énergie pendant la compression
2.2. Compare cette variation au travail de tension $\vec{T}$

Résolution

1. $E_{pe} = \frac{k}{2}x^2 = \frac{20}{2} \times (0,1)^2 = 0,1J$
2.

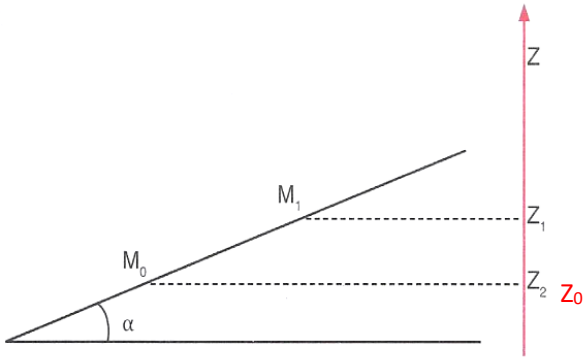
2.1. $\Delta E_{pe} = \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_0^2) \rightarrow \Delta E_{pe} = \frac{1}{2}$ x 20 x $(0,1^2 - 0) = 0,1J$

2.2. $W(\overrightarrow{T}) = -\frac{1}{2}kx^2 \rightarrow W(\overrightarrow{T}) = -\frac{1}{2}$ x 20 x $0,1^2 = -0,1J$

$\rightarrow \Delta E_{pe} = -W(\overrightarrow{T})$

SITUATION D'EVALUATION

Votre Professeur de physique-chimie demande à ton groupe de travail d'étudier le mouvement d'un palet de masse m sur un plan incliné d'un angle α =15° avec l'horizontale. Il désire vous faire vérifier la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur du palet et la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées entre deux points Mo et M_1. Pour ce faire, un membre de ton groupe lance le palet vers le haut parallèlement à la ligne de plus grande pente (voir schéma ci-dessous).



Données

MoM_1 = L = 1,5 m ; m = 500 g ; Le niveau de la position initiale (Mo) du palet est pris comme niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur ; g = 9,8 N/kg.

Tu es choisi comme rapporteur du groupe.

1.

1-1. Donne l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du palet au point Mo puis au point M_1.

1-2. Détermine la variation de l'énergie potentielle de pesanteur (ΔEp) du palet entre les points Mo et M_1.

2. Détermine la somme algébrique des travaux (∑W) des forces extérieures appliquées au palet en supposant que le déplacement se fait sans frottements.

3. Compare (ΔEp) et (∑W)

Résolution de la situation

1-1 Au point M_0. $Ep(M_0) = mg(z_0 - z_0) = 0$ J,

Au point M_1. $E_p(M_1) = mg(z_1 - z_0) = mgL\sin\alpha$

1-2 Variation de l'énergie potentielle de pesanteur (ΔEp) du palet entre les points M_0 et M_1.

$\Delta E_p = E_p(M_1) - E_p(M_0) = mgL\sin\alpha$ AN: $\Delta E_p = 1,9$ J

2- Somme algébrique des travaux (∑W) des forces appliquées au palet

$(\sum W) = W_{MoM1}(\vec{P}) = mg(z_0 - z_1) = -1,9$ J

3- Comparaison de ΔE_p et ∑W

$\Delta Ep = -\sum W$

ecole-ci.online (Ce document ne peut être vendu sous aucune condition- Tout contrevenant s'expose à des poursuites judiciaires)

III.EXERCICES

Exercice 1

Réponds par vrai ou faux aux affirmations ci-dessous :

1. L'énergie potentielle d'un solide est définie de faççon absolue.
2. L'énergie potentielle d'un système est constante au cours du temps.
3. Les forces de frottement sont des forces non conservatrices.
4. Plus un solide de masse m s'èloigne de la terre plus son énergie potentielle est grande.
5. La variation d'énergie potentielle d'un système ne dépend jamais du choix de l'état de référence.

Résolution

1.faux ; 2.faux ; 3.vrai ; 4.vrai ; 5.vrai.

Exercice 2 :

Une pompe refoule de l'eau dans un réservoir situé à 6 m plus haut. Son débit est égal à d = 6000 L. min^{-1}.

1. Calcule la variation d'énergie potentielle de pesanteur ΔEp subie par la masse d'eau en une seconde.

2. Sachant que l'énergie correspondant à cette variation d'énergie potentielle est fournie par un moteur, calcule la puissance minimale Pmin du moteur.

Résolution

1- $\Delta Ep = -W(\vec{P}) = -mgh = -100x10x\ 6 = -6.10^3$ J

2- $Pmin = \frac{1}{\Delta t}W(\vec{P}) = \frac{6000}{1} = 100$ W

Exercice 3

Lors d'une compétition de basket dans un établissement scolaire, un joueur lance le ballon d'un point A situé à h_A = 2 m du sol, avec une vitesse V_A en direction du panier. Le panier constitué d'un cercle métallique est à h_B = 3,05 m du sol. Le panier est réussi. Les frottements sont nuls. Le ballon n'a qu'un mouvement de translation.

Données : g = 10 $N.kg^{-1}$; V_A = 9,1 $m.s^{-1}$

Calcule en utilisant les lois de l'énergie mécanique, la vitesse v_B du ballon lorsqu'il rentre dans le cercle en B.

Corrigé

$E_{mA} = E_{mB}$

$\frac{1}{2}mV_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_B^2 + mgh_B$; $V_B = \sqrt{V_A^2 + 2g(h_A - h_B)}$

$V_B = \sqrt{9{,}1^2 + 2 \times 10 \times (2 - 3{,}05)}$

$V_B = 7{,}86 m/s$

Exercice 4

Lors d'un voyage d'étude dans la région des montagnes, tu te rends au mont Nimba avec tes amis. Vous y trouvez un touriste de masse m = 80 kg qui décide d'escalader le mont Nimba jusqu'au sommet. Tes amis et toi décidez de déterminer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur de ce touriste le long de son parcours. On donne g = 10 N/kg

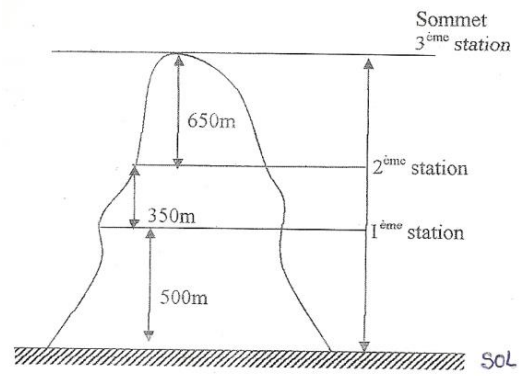
1- Le sol est pris comme position de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
Détermine:

1.1 l'énergie potentielle de pesanteur du touriste à chaque station ;
1.2 la variation d'énergie potentielle de pesanteur du touriste quand il passe du sol au sommet.

2. Le niveau de la seconde station constitue le nouvel état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

Détermine:

2.1 l'énergie potentielle de pesanteur du touriste à chaque station ;
2.2 la variation d'énergie potentielle de pesanteur du touriste quand il passe du sol au sommet.



Résolution

1-1 Ep(Z) = mg(Z-Zo)

Station 1. $Ep_1 = 80x10x500 = 4.10^5$ J

Station 2. $Ep_2 = 80x10x(500+350) = 6{,}8.10^5$ J

Station 3. $Ep_3 = 80x10x(500+350+650) = 1{,}2.10^6$ J

1.2 $\Delta Ep = Ep_3 - Ep0 = 1200000-0 = 1,\ 2.10^6$ J

2-1 $Ep_1 = 80x10x(500-850) = -2{,}8.10^5$ J;

$Ep_2 = 80x10x(850-850) = 0$J;

$Ep_3 = 80x10x(1500-850) = 5{,}2.10^5$ J

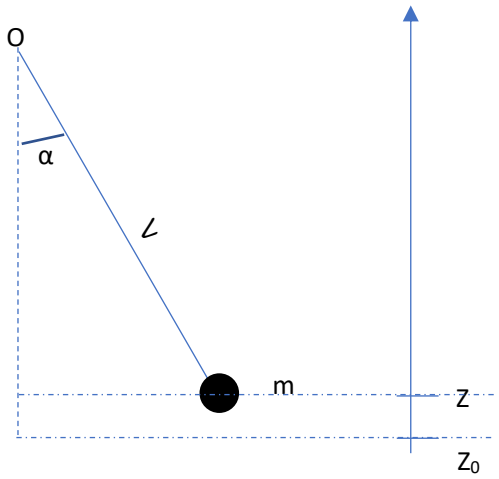
2-2 $\Delta Ep = Ep_3 - Ep_0 = mg(Z_3-Z_2)-mg(Zo-Z_2) = mg(Z_3-Zo) = 1{,}2.10^6$ J

Exercice 5 :

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'eleves de 1ere D dispose d'une sphère de masse m = 200 g de dimensions negligeables, suspendue a un point fixe O par un fil sans masse et de longueur L= 90 cm. Tous ses mouvements ont lieu dans le plan vertical (voir figure). Il desire étudier les différentes transformations d'énergie de la sphere au cours de son mouvement. Tu es choisi (e) pour realiser l'experience. Pour cela tu ecartes le fil d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport a la verticale et abandonnes le pendule sans vitesse initiale. On choisi comme origine de l'énergie potentielle la position initiale, verticale, du pendule. On donne g = 10 N/kg

1. Calcule l'énergie potentielle de pesanteur E_p du système {Terre- pendule} au depart du mouvement.
2. Calcule l'energie mecanique de la sphere au depart du mouvement.
3. Dis ce que devient cette energie si les oscillations s'effectuent sans frottement.

4. Calcule en joules, l'energie cinetique E_c et l'energie potentielle E_p de la sphere lorsqu'elle passe par sa position la plus basse.



Résolution

1 $E_p = mg\,(Z-Z_o) = mg\ell\,(1-\cos 30°)$ AN : $E_p = 0{,}2 \times 10 \times 0{,}9(1-0{,}866) = 0{,}2412$ J

2. $E_m = E_p = 0{,}2412$ J

3. Si les oscillations s'effectuent sans frottement cette energie se conserve .

4. Le système est conservatif donc $E_c = E_p = 0{,}2412$ J.

IV. DOCUMENTATION

ÉNERGIE POTENTIELLE

L'énergie potentielle est l'énergie qu'un objet possède en raison de sa position dans un champ de force. Cela peut également être dû à la configuration de ses pièces.
Cette forme d'énergie est une quantité scalaire dont l'unité de mesure pour le Système international d'unités est exprimée en joules (J).

Cette forme d'énergie est associée aux forces agissant sur un corps de telle manière que cela ne dépend que de la position du corps dans l'espace. Ces forces peuvent être représentées par un vecteur en tout point de l'espace de formation. Ce vecteur est appelé champ de force vectoriel ou champ de force.

Si un corps passe d'une position de départ à une position de fin, le travail n'est déterminé que par ces deux positions. Par conséquent, cela ne dépend pas de la trajectoire du corps. Lorsque cela se produit, il existe une fonction appelée énergie potentielle qui peut être évaluée aux deux positions pour déterminer le travail.

Ce terme a été introduit par l'ingénieur et physicien écossais du 19ème siècle William Rankine. Cependant, il est lié au concept de potentialité du philosophe grec Aristote.

Les types d'énergie potentielle les plus courants sont:

- Énergie potentielle gravitationnelle qui dépend de la position verticale et de la masse d'un objet. Cette énergie a de la capacité de le mettre en mouvement. L'équation suivante permet de calculer l'énergie potentielle d'un objet:
- $E = m\frac{v^2}{2} = mg \cdot h.$

- Énergie potentielle de pesanteur, qui dépend de l'intensité du champ de pesanteur.
- Énergie potentielle élastique d'un ressort ou d'un élément en plastique. C'est la capacité d'un corps à stocker de l'énergie en mettant l'accent sur ses liaisons chimiques.
- Énergie potentielle électrique ou électrostatique d'une charge dans un champ électrique.
- Énergie potentielle chimique. Cette forme d'énergie potentielle est basée sur l'énergie liée à de molécules. Cette énergie stockée est libérée ou absorbée par des réactions chimiques.

Exemple d'énergie potentielle

Ce type d'énergie peut être transformé en d'autres types tels que l'énergie cinétique, qui peut être facilement illustrée par l'exemple suivant :

- En frappant une balle, le joueur transmet l'énergie de sa jambe à la balle.
- Cette énergie initiale est convertie en potentiel élastique en déformant le ballon et en comprimant l'air à l'intérieur.
- En retrouvant la forme d'origine, cette énergie potentielle élastique est convertie en énergie cinétique au moment où la balle part à pleine vitesse. Toute énergie élastique est de l'énergie transformée en énergie cinétique.
- Imaginons que le joueur ait botté le ballon avec une trajectoire complètement verticale. Lorsque la balle perd de la vitesse, elle perdra de l'énergie cinétique, qui sera convertie en énergie gravitationnelle.
- Lorsque vous atteignez le point le plus élevé, la balle n'aura pas d'énergie cinétique et toute son énergie sera potentielle.

- Lorsque la balle commence à tomber, il y a une novelle conversion d'énergie potentielle en énergie cinétique.

Auteur : Oriol Planas - Ingénieur Technique Industriel, spécialité mécanique
Date de publication : 1 septembre 2017
Dernier examen : 12 juin 2020

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 1 : MECANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ENERGIE MECANIQUE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Ossey élève en 1ère au Lycée Moderne d'Adzopé, après la classe de troisième, sait qu'un corps en mouvement possède deux formes d'énergies : l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. La somme de ces deux énergies représente son énergie mécanique ou son capital énergétique. Son grand frère en Terminale, à Abidjan, l'informe au téléphone, que cette énergie mécanique, selon les forces qui s'exercent sur le solide, peut augmenter, diminuer ou rester constante.

Curieux d'en savoir d'avantage, il informe ses camarades de classe et ensemble, sous la conduite de leur professeur, ils se proposent de définir l'énergie mécanique d'un solide, de connaitre l'énergie mécanique d'un système et d'appliquer la conservation de l'énergie mécanique.

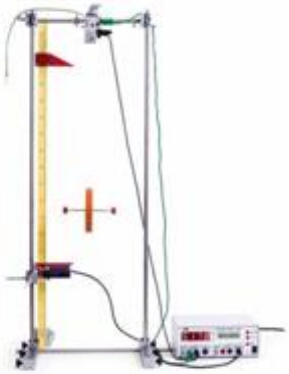
II. CONTENU DE LA LECON

1. ETUDE ENERGETIQUE DE LA CHUTE LIBRE D'UN SOLIDE

1.1. Expérience et résultats

On considère le dispositif ci-contre constitué de :

- 1 appareil à chute libre + accessoires.
- 1 horloge électronique.
- 1 bille en acier de masse m = 2 g.
- 1 électroaimant.
- 1 alimentation 6 V continue
- des fils de connexion.



On enregistre, à intervalles de temps égaux (τ = 20 ms), les positions successives d'un solide, de masse m = 2 g (0,002 kg), en chute libre sans vitesse initiale.

Déterminons, pour chaque position, les énergies cinétique et potentielle de pesanteur (la position A_9 étant prise comme position de référence) puis calculons leur somme.

Prenons g = 9,8 N/kg.

Les résultats figurent dans le tableau ci-après **:**

A_i	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
d_i (10^{-2} m)	0	0,20	0,79	1,77	3,15	4,90	7,06	9,60	12,55	15,88
h_i (10^{-2} m)	15,88	15,68	15,09	14,11	12,73	10,94	8,82	6,28	3.33	0

1.2. Exploitation

A_i	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
d_i (10^{-2} m)	0	0,20	0,79	1,77	3,15	4,90	7,06	9,60	12,55	15,88
v_i(m.s^{-1})	**0**	**0,20**	**0,39**	**0,59**	**0,78**	**0,98**	**1,18**	**1,37**	**1,57**	
v_i^2(m^2.s^{-2})	**0**	**0,04**	**0,15**	**0,35**	**0,61**	**0,96**	**1,38**	**1,88**	**2,46**	
E_C (10^{-3} **J**)	**0,00**	**0,04**	**0,15**	**0,35**	**0,61**	**0,96**	**1,38**	**1,88**	**2,46**	
h_i(10^{-2} m)	15,88	15,68	15,09	14,11	12,73	10,94	8,82	6,28	3.33	0
E_P (10^{-3} **J**)	**3,11**	**3,07**	**2,96**	**2,77**	**2,50**	**2,14**	**1,73**	**1,23**	**0,65**	**0,00**
$E_C + E_P$ (10^{-3} **J**)	**3,11**	**3,11**	**3,11**	**3,12**	**3,11**	**3,10**	**3,11**	**3,11**	**3,11**	

1.3. Conclusion

Au cours d'une chute libre, la somme des énergies cinétique et potentielle de pesanteur d'un solide **demeure constante**. On a : $E_C + E_P = Cte$

2- DEFINITION DE L'ENERGIE MECANIQUE

L'énergie mécanique d'un système est égale à **la somme** de son énergie cinétique et de son énergie potentielle : $E_M = E_C + E_P$

E_M s'exprime en joule (J)

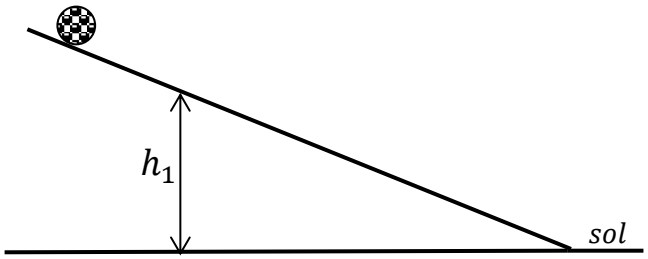
Remarques :

- Pour un solide de masse m, situé à une altitude z dans le champ de pesanteur, en translation avec une vitesse v, on a : $E_M = \frac{1}{2}mv^2 + mgz$
- Pour un solide de masse m, en translation horizontale avec une vitesse v, accroché à un ressort d'allongement x, on a : $E_M = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$

Activité d'application

Un solide de masse m = 200 g, considéré comme ponctuel, descend un plan incliné suivant un axe rectiligne (voir figure)

À l'altitude h_1 = 4 m, il atteint la vitesse v_1 =1,25 ms^{-1}. Les frottements sont négligés au cours de cette descente



Le sol est la position de référence des énergies potentielles de pesanteur, $g = 10\ N.kg^{-1}$.

Calcule à la hauteur h_1 :

1- son énergie cinétique E_C;

2- son énergie potentielle de pesanteur E_P;

3- son énergie mécanique E_M.

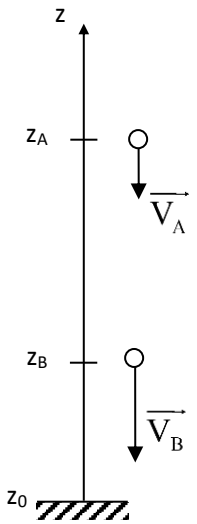
Solution

1-Energie cinétique : $E_C = \frac{1}{2}mv_1^2$ = 0,16 J

2-Energie potentielle de pesanteur : $E_p = mgh_1$ = 8 J

3-Energie mécanique : $E_M = E_C + E_P$ = 8,16 J

3- CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE



3.1- Cas d'un solide en chute libre

Soit un solide (S) de masse m en chute libre.

Le niveau du sol est pris comme niveau de référence.

Entre les positions A et B on a :

$$\Delta E_C = E_{C_B} - E_{C_A} = W_{AB}(\vec{P})$$
$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = mg(z_A - z_B)$$
$$\frac{1}{2}mV_B^2 + mgz_B = \frac{1}{2}mV_A^2 + mgz_A$$

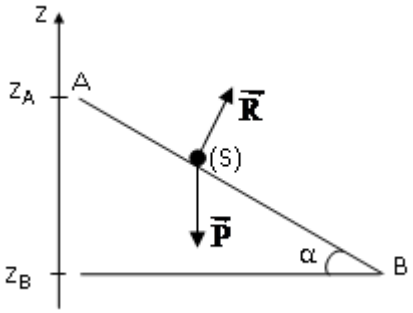
soit $E_{C_B} + E_{P_B} = E_{C_A} + E_{P_A}$

$$E_{M_B} = E_{M_A}$$

ou encore $E_{M_B} - E_{M_A} = \Delta E_M = 0$

Au cours de la chute libre, l'énergie mécanique du solide (S) **reste constante** : on dit qu'elle **se conserve**.

3.2- Cas d'un solide sur plan incliné



Un solide (S), de masse m, glisse sans frottements le long de la ligne de plus grande pente d'une piste AB inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale.

Déterminons la variation de son énergie mécanique.

Système : le solide (S)

Bilan des forces : Poids $\vec{P}$; réaction $\vec{R}$.

Les positions initiale et finale sont respectivement A et B.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}_{ext}}$$

$$\Delta E_C = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R})$$

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = mg(z_A - z_B)\ ;\ W_{AB}(\vec{R}) = 0\,J\ car\ \ \vec{R} \perp \overrightarrow{AB}\ .$$

$$E_{C_B} + E_{P_B} = E_{C_A} + E_{P_A}$$

$$E_{M_B} = E_{M_A} \quad \text{soit } \Delta E_M = 0$$

Sur un plan incliné où les frottements sont nuls, l'énergie mécanique du solide (S) **reste constante** : on dit qu'elle **se conserve**.

3.3- Conditions de conservation de l'énergie mécanique

En l'absence de forces de frottement, l'énergie mécanique d'un système se conserve (**$\Delta E_M = 0$**). Le système est dit **conservatif** ($\vec{P}$ est une **force conservative**).

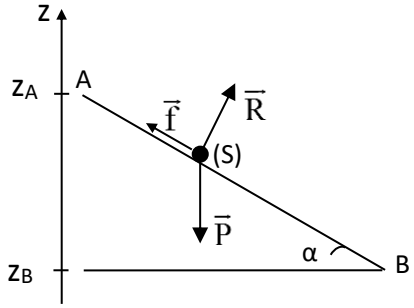
4- NON CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE

Le solide (S), de masse m, en plus de son poids $\vec{P}$ et de la réaction normale $\vec{R}$, est maintenant soumis, sur le parcours AB, à l'action des forces de frottements assimilées à une force unique $\vec{f}$ opposée au mouvement.

Déterminons la variation de son énergie mécanique.

Système : le solide (S)

Bilan des forces : Poids $\vec{P}$; réaction $\vec{R}$; force de frottements $\vec{f}$.



Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre A et B.

On a : $\Delta E_C = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{f})$ avec $W_{AB}(\vec{R}) = 0$ J

$\Delta E_C - W_{AB}(\vec{P}) = W_{AB}(\vec{f})$ or $\Delta E_P = -W_{AB}(\vec{P})$

On a donc : $\Delta E_C + \Delta E_P = W_{AB}(\vec{f})$

soit $\Delta E_M = W_{AB}(\vec{f})$

Lorsqu'il existe **des forces de frottements**, la variation de l'énergie mécanique est **non nulle** : on parle de **non conservation** de l'énergie mécanique.

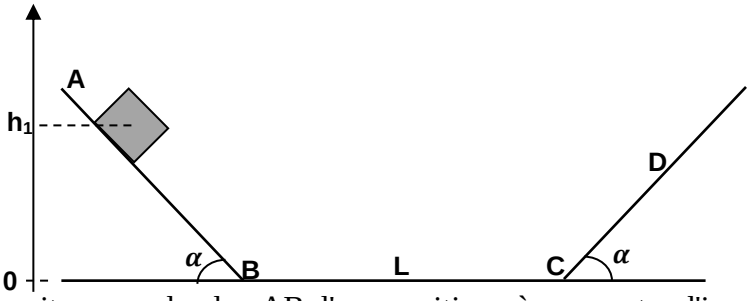
Remarque : Les forces de frottement représentées par la force unique $\vec{f}$ sont opposées au sens du mouvement. Le travail de cette force est **résistant**.

On a donc $\Delta E_M = W_{AB}(\vec{f}) < 0$: le système **perd** de l'énergie: on dit qu'il est **dissipatif.**

($\vec{f}$ est une **force non conservative**).

SITUATION D'EVALUATION

Ton ami étudie le mouvement d'un cube de masse m = 1 kg et qui glisse le long du profil ABCD représenté ci-dessous. Les plans AB et CD sont inclinés du même angle α = 30° sur l'horizontale. Les déplacements du cube s'y effectuent sans frottement. Sur la partie horizontale BC, le cube est soumis à une force de frottements $\vec{f}$, parallèle au déplacement mais de sens opposé et d'intensité f = 3,92 N.



Il lâche le cube sans vitesse sur le plan AB d'une position où son centre d'inertie est situé à la hauteur h_1 = 1 m au-dessus du niveau BC = L= 2m, g = 9,8 $N.kg^{-1}$.

Tu prendras l'énergie potentielle du solide égale à zéro lorsqu'il est en contact avec la partie BC.

Éprouvant des difficultés, il te sollicite pour l'aider dans cette étude.

1 - Donne l'expression de l'énergie potentielle E_{P1} du cube au départ.

2- Calcule au départ du mouvement,

2-1 l'énergie potentielle E_P du cube ;

2-2 l'énergie mécanique E_{M1} du cube.

3 - Détermine :

3-1 l'énergie mécanique E_{M2} du cube lorsqu'il arrive en C ;

3-2 la vitesse du cube en C ;

3-3 la hauteur h_2 à partir de laquelle le cube va faire demi-tour le long du plan CD.

Solution

1- Expression de l'énergie potentielle du cube au départ

$E_{P1} = mgz = mgh_1$

2-

2-1 Énergie potentielle au départ du mouvement:

$E_{P1} = mgh_1 = 9{,}8$ J.

2-2 Énergie mécanique au départ:

$E_{M1} = E_{C1} + E_{P1} \Rightarrow \quad E_{M1} = 0 + E_{P1} = 9{,}8$ J.

3-

3-1 Énergie mécanique E_{M2} en C:

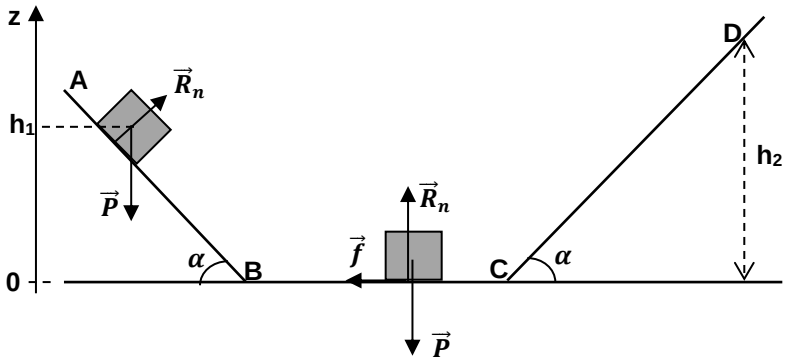
• Entre A et B, le système (Solide + Terre) est conservatif car il n'y a pas de frottement d'où : $E_M(B) = E_{M1}$.

• Entre B et C, la variation de l'énergie mécanique due aux frottements est:

$\Delta E_M = E_{M2} - E_{M1} = W(\vec{f})$

or $W(\vec{f}) = -f.L$ d'où :

$E_{M2} = E_{M1} - f.L = 1{,}96$ J



3-2 Vitesse du solide en C

$E_{M2} = E_C(C) + E_P(C)$ or $E_P(C) = 0$

d'où $E_{M2} = \frac{1}{2}mv_C^2 \Rightarrow v_C = \sqrt{\frac{2E_2}{m}} = 2$ m.s^{-1}.

3-3 Hauteur h_2:

Entre C et le point d'arrêt le système est de nouveau conservatif car le déplacement s'effectue sans frottement. L'énergie mécanique E'_{M2} au point de rebroussement est donc:

$E'_{M2} = 0 + mgh_2 = E_{M2} \Rightarrow h_2 = \frac{E'_{2M}}{mg} = 0{,}2$ m.

III. EXERCICES

Exercice 1

Une boule de masse m = 500 g, est lancée verticalement avec une vitesse v = 5 m.s^{-1}, d'une hauteur h = 3 m par rapport au sol.

Calcule l'énergie mécanique de la boule à l'instant du lancement.

Donnée: g = 10 N.kg^{-1}.

Solution

Niveau de référence : le sol $E_m = E_C + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = 21{,}25$ J.

Exercice 2

Un rocher de masse m =300 kg se détache d'une falaise. L'altitude initiale du rocher est H = 240 m par rapport au niveau de la mer.

1 - Détermine l'énergie mécanique initiale de ce rocher par rapport au niveau de la mer.

2 - Le rocher tombe en chute libre (résistance de l'air négligeable).

2-1 Détermine l'énergie cinétique du rocher à l'altitude $\frac{H}{4}$.

2-2 Calcule son énergie potentielle à cette altitude ainsi que sa vitesse.

Solution

1 - Energie mécanique initiale du rocher

$E_{mi} = E_{Ci} + E_{pi} = 0 + mgH \quad \Rightarrow \quad E_{mi} = mgH = 720$ kJ

2 - a) Détermination de l'énergie cinétique du rocher

Le système (terre + rocher) est conservatif $\Rightarrow$ E_m reste constante :$\Rightarrow E_{mi} = Em\ (\frac{H}{4})$

$\Rightarrow mgH = E_C(\frac{H}{4}) + mg\frac{H}{4} \Rightarrow E_C\left(\frac{H}{4}\right) = mg(H - \frac{H}{4}) = \frac{3}{4}\ mgH$ $E_C(\frac{H}{4}) = 540$ kJ.

b) Energie potentielle à l'altitude $\frac{H}{4}$

$E_p = mg\frac{H}{4} = 180$ kJ ou encore $E_p = E_{m_i} - E_C(\frac{H}{4}) = 720 - 540 = 180$ kJ.

Vitesse du rocher à l'altitude $\frac{H}{4}$

$E_C(\frac{H}{4}) = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{4}mgH \Rightarrow V = \sqrt{\frac{3}{2}gH} = 60\ m.s^{-1}$.

EXERCICE 3

Pour les propositions suivantes :

1. L'énergie potentielle de pesanteur d'un corps dépend :
   a. de son altitude ;
   b. de sa masse ;
   c. de sa vitesse.
2. Données : g = 10 $N.kg^{-1}$; On choisit un axe (Oz) orienté vers le haut. L'énergie potentielle de pesanteur étant choisie comme nulle au niveau de la mer, celle d'un plongeur de masse 100 kg à la profondeur de 50 m a une valeur de :
   a. 50 J ;
   b. 5,0×104 J ;
   c. - 50 kJ.
3. Un système est dit conservatif si :
   a. son énergie cinétique se conserve ;
   b. son énergie potentielle de pesanteur se conserve ;
   c. son énergie mécanique se conserve.

Recopie à chaque fois le chiffre suivi de la lettre correspondant à la bonne réponse.

corrigé

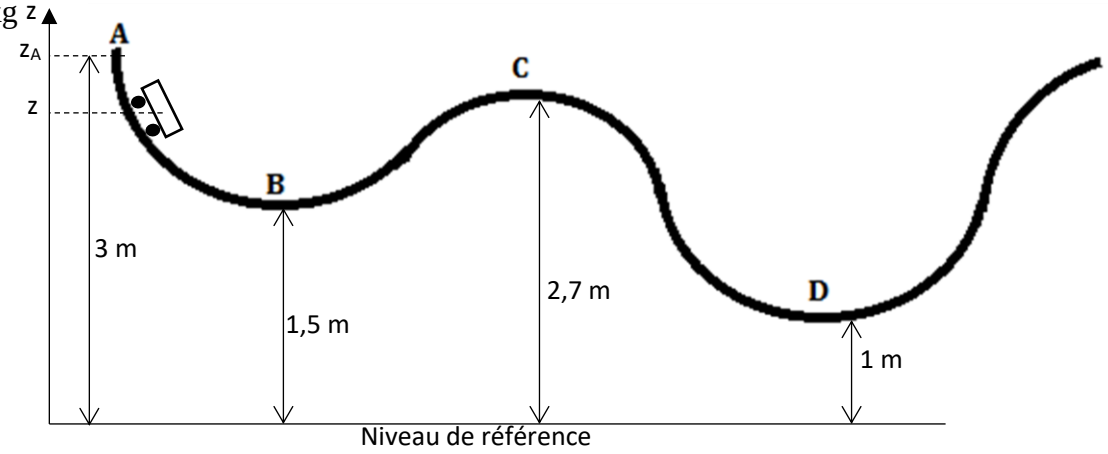
: 1.a ; 2. c; 3.c

Exercice 4

Afin de vérifier l'acquisition des habiletés installées, votre professeur vous soumet la figure ci-dessous. Une voiturette part de A sans vitesse et glisse sur une piste lisse ABCD. Les actions de l'air et les frottements dus à la piste sont négligeables. La voiturette munie de sa charge sera assimilée à un solide de masse m.

Le professeur vous demande d'étudier le mouvement de la voiturette.

Donnée : g = 10 N/kg



1. Donne l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur de la voiturette par rapport au niveau de référence.
2. Détermine sa vitesse lors de son passage par la bosse C et le creux D.
3. Précise la position pour laquelle l'énergie cinétique est maximale.
4. Montre par la conservation de l'énergie mécanique qu'au-delà de D, le solide ne peut pas dépasser un point F dont l'altitude sera précisée.

Solution

1. Expression de l'énergie potentielle de pesanteur de la voiturette.

$E_{p_p} = mgz$

2. Détermine sa vitesse lors de son passage par la bosse C et le creux D.

Les frottements de l'air et de la piste sont négligeables ⇒ Le système (voiturette + Terre) est conservatif:

E_m = cte. ⇒ E_m (A) = E_m(C) ⇒ $mgz_A = E_C(C) + E_{PP}(C) = \frac{1}{2}mV_C^2 + mgz_C$

⇒ $V_C = \sqrt{2g(z_A - z_C)} = \sqrt{2 \times 10 \times (3 - 2{,}7)} = 2{,}45$ m.s^{-1}

De même on a : $E_m(A) = E_m(D) \Rightarrow V_D = \sqrt{2g(z_A - z_D)}$ $V_D = \sqrt{2 \times 10 \times (3 - 1)} = 6{,}32$ m. s^{-1}.

3. Position pour laquelle l'énergie cinétique est maximale.

Soit z, la cote de ce point. $E_m(A) = E_m$ ⇒ $mgz_A = E_C + mgz$ ⇒ $E_C = mg(z_A - z)$

L'énergie cinétique est maximale si (z_A - z) est maximale, soit z minimale. Cela correspond à la position D.

4. Montrons qu'au-delà de D, le solide ne peut pas dépasser un point F.

Au point F, le solide doit s'arrêter ; $E_C(F) = 0$. Puisque le système est conservatif

$E_m(A) = E_m(F)$ d'où $mgz_A = E_C(F) + mgz_F \Rightarrow mgz_A = mgz_F \Rightarrow z_A = z_F = 3$ m.

Les points A et F sont au même niveau.

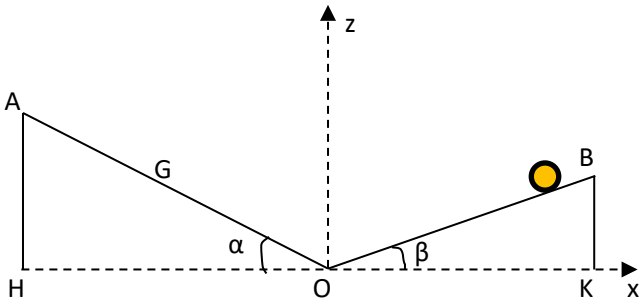
Exercice 5

Ton voisin de classe se propose d'étudier le glissement d'un solide S de masse m = 40 g sur deux plans inclinés OA et OB. $\alpha = 40°$, $\beta = 30°$, H et K sont des projections de A et B sur l'axe Ox. (Voir figure ci-dessous) Le solide est laché au point B sans vitesse initiale et glisse sans frottement.

OH = OK = d = 10 cm, g = 10 N/kg.

Le niveau de référence est celui du point O, d'altitude zéro.

Ayant des difficultés, il te sollicite pour l'aider.



1. Dis comment varie E_m au cours du mouvement de S.
2. Détermine l'énergie mécanique E_m de S au point B en fonction de m, g, d et β
3. Détermine la vitesse de la bille au passage au point O.
4. Détermine la hauteur z_G du point G où la vitesse du solide s'annule sur le plan incliné OA.

Solution

1.1 Expressions des altitudes z_B et z_A,

$z_B = OK\tan\beta$ et $z_A = OH\tan\alpha$

1.2 Energies potentielles de pesanteur du solide

- en B : $Epp(B) = mgz_B = mgOK\tan\beta$
- en A : $Epp(A) = mgz_A = mgOH\tan\alpha$

2.

2.1 Energie mécanique totale $E = Epp(B) + Ec(B) = mgOK\tan\beta$

2.2 E reste constante

3. Vitesse de la bille au passage au point O.

Conservation de l'énergie mécanique : $E_m(O) = E_m(B)$

$\frac{1}{2}mV_O^2 = mgOK\tan\beta \implies V_O = \sqrt{2gOK\tan\beta}$

A.N. $V_O = \sqrt{2 \times 10 \times 0{,}1 tan30°}$ $V_O = 1{,}1\ m/s$

4. Hauteur z_G du point G où la vitesse du solide s'annule sur le plan incliné OA.

En G, $V_G = 0$ d'où : $Epp(G) = Em(B)$

$mg\,z_G = mgOK\tan\beta$

$z_G = OK\tan\beta$ $z_G = 0{,}1\tan30° = 0{,}058$ m

IV. DOCUMENTATION

L'**énergie mécanique** est une quantité utilisée en mécanique classique pour désigner l'énergie d'un système emmagasinée sous forme d'énergie cinétique et d'énergie potentielle. C'est une quantité qui est conservée en l'absence de force non conservative appliquée sur le système. L'énergie mécanique n'est pas un invariant galiléen et dépend donc du référentiel choisi.

L'énergie mécanique est entièrement déterminée si l'on connaît la vitesse et la position du système.

Théorème de l'énergie mécanique

Dans un galiléen, pour un corps ponctuel de masse *m* constante parcourant un chemin reliant un point A à un point B, la variation d'énergie mécanique est égale à la somme des travaux *W* des forces non conservatives extérieures et intérieures qui s'exercent sur le solide considéré :

Ainsi, l'énergie mécanique d'un système soumis uniquement à des conservatives est conservée.

La dérivée par rapport au temps de l'énergie mécanique est égale à la puissance des forces non conservatives

Source : Wikipédia

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME: ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

TITRE DE LA LECON : CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

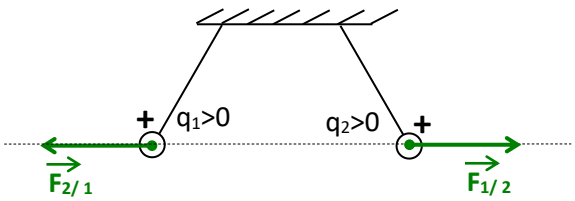
Pendant la saison des pluies, à Dabou, Essoh, élève en classe de 1ère C scientifique au Lycée Moderne Léboutou Dabou, voit des éclairs illuminer le ciel. Craintif, il veut comprendre le phénomène. Approché, son ainé décrit évasivement que cela est dû à une décharge entre pôles de nuages chargés et qu'il existe des champs électrostatiques entre ces nuages. Voulant en savoir davantage, il entreprend avec ses camarades de classe, sous la conduite de leur professeur, de définir l'espace champ électrostatique, de connaître ses caractéristiques, de représenter les lignes de champ électrostatique et de déterminer les caractéristiques du vecteur champ électrostatique uniforme.

II. CONTENU DE LA LECON

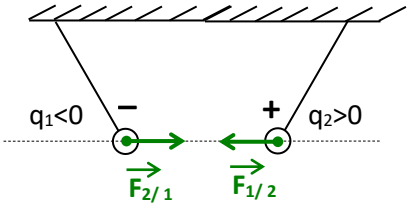
1- FORCE ELECTROSTATIQUE :

Interactions et forces :

* Deux corps électrisés exercent l'un sur l'autre des forces à distance appelées **forces électrostatiques**.
* Deux charges électriques de même signe se repoussent.
*Deux charges électriques de signes opposés s'attirent.



Forces répulsives

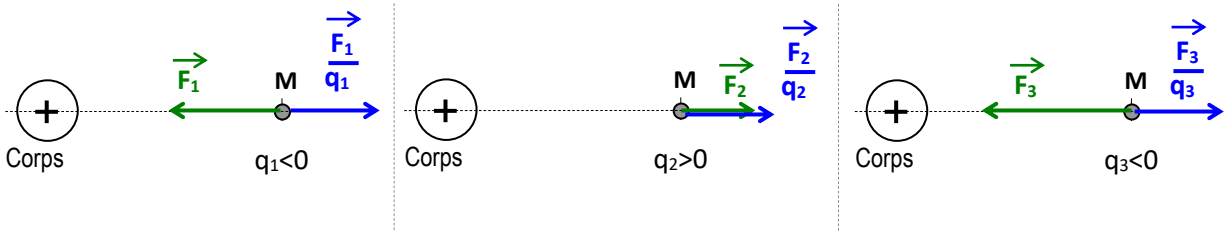


Forces attractives

2 .LE CHAMP ELECTROSTATIQUE :

2.1. Mise en évidence :

* Plaçons en un point (M) au voisinage d'un corps électrisé, différentes particules chargées.
* Représentons les forces électriques $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ subies par les particules.



* Représentons les vecteurs $\frac{\vec{F}_1}{q_1}$, $\frac{\vec{F}_2}{q_2}$ et $\frac{\vec{F}_3}{q_3}$.

$q_1 < 0 \Rightarrow \vec{F}_1$ et $\frac{\vec{F}_1}{q_1}$ ont même direction et sont de sens opposés.

$q_2 > 0 \Rightarrow \vec{F}_2$ et $\frac{\vec{F}_2}{q_2}$ ont même direction et même sens.

$q_3 < 0 \Rightarrow \vec{F}_3$ et $\frac{\vec{F}_3}{q_3}$ ont même direction et sont de sens opposés.

* Les vecteurs $\frac{\vec{F}_1}{q_1}$, $\frac{\vec{F}_2}{q_2}$ et $\frac{\vec{F}_3}{q_3}$ ont la même direction et le même sens.

On montre par ailleurs qu'ils ont la même valeur.

* On note que $\frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_3}{q_3} = \vec{E}(M)$

Avec $\vec{E}(M)$un vecteur lié au point (M) et indépendant des charges électriques placées en (M).

$\vec{E}(M)$ est appelé **vecteur champ électrostatique au point (M).**

2.2. Définition :

En tout point (M) au voisinage d'un corps électrisé, il existe un vecteur champ électrostatique noté $\vec{E}(M)$.

Une particule de charge électrique (q) placée au point (M) subit la force électrostatique $\vec{F}$

telle que : $\vec{F} = q \times \vec{E}_{(M)} \Leftrightarrow \vec{E}_{(M)} = \frac{\vec{F}}{q}$

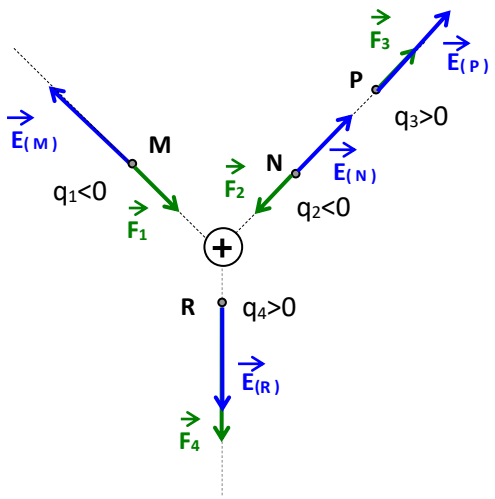
2.3.Caractéristiques de $\vec{E}(M)$:

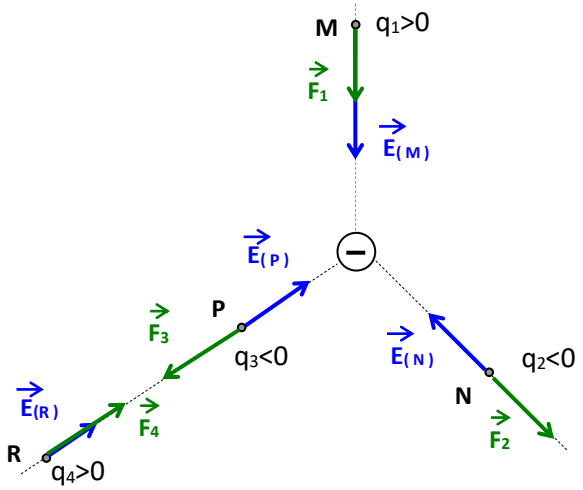
* Point d'application : le point M.
* Direction : colinéaire à $\vec{F}$.
* Sens : si q > 0 : même sens que $\vec{F}$.
  si q < 0 : sens opposé à $\vec{F}$.

* valeur : $\left\|\vec{E}_{(M)}\right\| = \frac{\left\|\vec{F}\right\|}{|q|} \Leftrightarrow E = \frac{F}{|q|}$ (F en N, q en C, E en $V.m^{-1}$)

Remarque : $\vec{F} = q \times \vec{E}_{(M)} \Leftrightarrow F = |q| \times E$ (F en N, q en C, E en V/m)

Représentons qualitativement les vecteurs force et champs électrostatiques autour des corps électrisés suivants.





Activité d'application

Une charge électrique q est placée dans un champ électrostatique de valeur $E = 2.10^3$ V.m^{-1}.

1 – La charge est soumise à une force de même sens que le champ $\vec{E}$ et de valeur $F = 6.10^{-3}$ N. La valeur de la charge est :

a) $q = 3.10^{-6}$ C
b) $q = -3.10^{-5}$ C
c) $q = 30.10^{-6}$ C

2 – La charge est soumise à une force de sens contraire au champ et de valeur $F' = 2.10^{-3}$ N. La valeur de la charge est :

a) $q = 10.10^{-7}$ C
b) $q = -10.10^{-6}$ C
c) $q = -10.10^{-7}$ C

Choisis pour chacune de ces propositions la lettre correspondant à la bonne réponse.

Solution

1 - a)

2 – c)

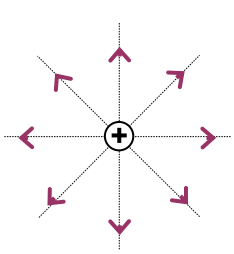
3. LIGNES DE CHAMP ELECTROSTATIQUE (OU SPECTRE ELECTROSTATIQUE)

3.1. Définition

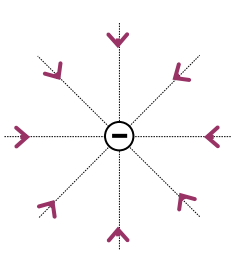
C'est l'ensemble des lignes tangentes aux vecteurs champs électrostatiques.

En chaque point de l'espace, ces lignes sont orientées dans le sens des vecteurs champs électrostatiques.

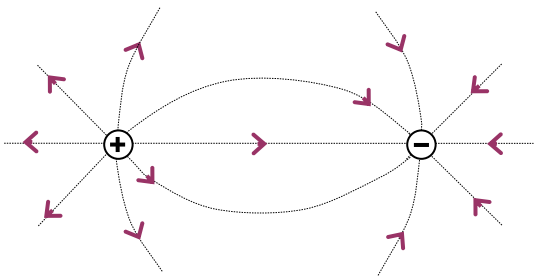
3.2. Exemples



Spectre radial divergent :



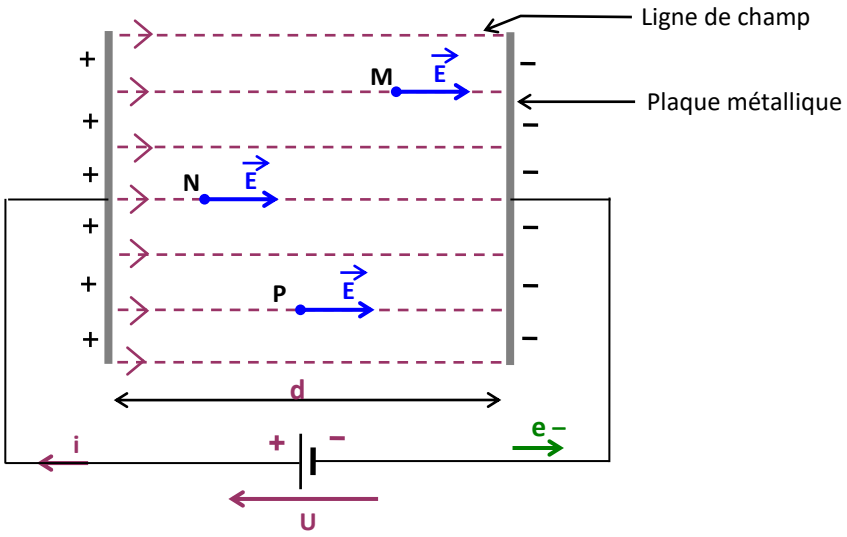
Spectre radial convergent :



Spectre de deux charges ponctuelles :

3.3. Champ uniforme :

Obtention : On applique une tension électrique entre deux plaques métalliques parallèles. Les charges électriques accumulées sur les plaques créent un espace champ électrostatique uniforme.



Caractéristiques :

* Les lignes de champ sont : - parallèles entre elles ;
- perpendiculaires aux plaques ;
- dirigées de la plaque positive vers la plaque négative.

* En tout point le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ est le même et a pour caractéristiques :
- Direction :perpendiculaire aux plaques,
- Sens :dirigé de la plaque positive vers la plaque négative,
- Valeur : $E = \frac{U}{d}$ (E en V/m, U en V, d en m)

U : la tension appliquée entre les plaques.

d : la distance entre les plaques.

Activité d'application

Une charge électrique q > 0 est placée dans un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ créé par deux plaques parallèles chargées l'une positivement et l'autre négativement. La charge q est soumise à une force $\vec{F}$.
Tu considères les propositions suivantes :

1- $\vec{F}$ dépend de la position de la charge dans le champ $\vec{E}$;
2- La valeur de $\vec{F}$ est constante ;
3- $\vec{F}$ est parallèle aux plaques ;
4- La direction de $\vec{F}$ est variable suivant la position de la charge dans le champ ;
5- $\vec{F}$ est dirigée de la plaque positive vers la plaque négative.

Écris V si la proposition est vraie ou F si elle est fausse.

Résolution

1- F ; 2- V ; 3- V ; 4 – F ; 5- V

SITUATION D'EVALUATION

Dans le but de déterminer les caractéristiques du vecteur-champ électrostatique et la tension du fil lorsque la boule est sous l'effet de ce champ, votre professeur met à la disposition de ton groupe pendant la séance de TP, un pendule qui porte une boule de masse m = 2,5 g, chargée positivement, et placée dans un champ électrostatique uniforme horizontal de valeur 10^4 V/m. Le fil s'écarte d'un angle de 30° de la verticale.

Données : la charge de la boule q = 1,44 μC; g = 10 N/kg
Tu es le rapporteur du groupe.

1-Définis le champ électrostatique.
2-Détermine la valeur :
2.1. F de la force électrostatique exercée sur la boule ;
2.2- T de la tension du fil.
3-Déduis-en les caractéristiques du vecteur-champ électrostatique.
4- Détermine :
4-1 la valeur de l'angle α que fait le fil avec la verticale, si la valeur du champ électrostatique est doublée.
4-2 la valeur de la tension du fil dans ce cas.

Solution

1. Un champ électrostatique est le champ créé en tout point M au voisinage d'un corps électrisé.
2. Valeur :
   2.1- $F = |q|.E = 1{,}44.10^{-6} \times 10^4 = 1{,}44.10^{-2}$ N
   2.2- la tension T
   Condition d'équilibre du pendule : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$; donc : $P_x + T_x + F_x = 0 \Rightarrow 0 - T\sin\alpha + F = 0$
   $T = \frac{F}{\sin\alpha} = 0{,}0288$ N
3. Caractéristiques du champ

Direction : horizontale - Sens : même sens que $\vec{F}$ - Valeur : $E = 10^4$ V.m^{-1}

4. 4.1- la valeur de l'angle de déviation
   Pour E' = 2E, on a F' = 2F. Or $\tan\alpha = \frac{F}{P}$ d'où
   $\tan\alpha' = \frac{F'}{P}$ c-à-d $\tan\alpha' = 2\tan\alpha$ AN $\alpha = 49{,}10°$
   4.2- La valeur de la tension $T' = \frac{F'}{\sin\alpha}$

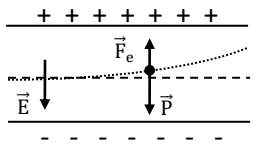
AN : $T' = \frac{2 \times 14{,}4.10^{-3}}{\sin 49{,}10} = 0{,}038$ N

III. EXERCICES

Exercice 1

Entre les plaques métalliques parallèles et horizontales d'un oscillographe existe un champ électrostatique uniforme d'intensité E = 2000V/m. La plaque supérieure est chargée positivement.
1. Sur un schéma, représente le vecteur champ $\vec{E}$ et les forces appliquées à un électron se trouvant en un point de ce champ.
2. Compare les intensités de ces forces. Conclus.
Données : $e = 1{,}6.10^{-19}$C ; $m = 9{,}1.10^{-31}$kg ; g = 10N/kg.

Corrigé

1. 

2. $\frac{F_e}{P} = \frac{e\,E}{m\,g} = 3{,}5.10^{13} \Rightarrow \; F_e = 3{,}5.10^{13}$ P . P est négligeable devant F_e

Exercice 2

1-Calcule la valeur F de la force électrostatique $\overrightarrow{F}$ subie par un électron se trouvant dans un champ électrostatique de valeur E =100 V/m.

2-Compare cette valeur au poids P de l'électron

3-Conclus

Données : Électron : $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg ; q= -e = $-1{,}6.10^{-19}$ C ; g =10 N/kg

Corrigé

1- $F = |q|.E = 1{,}6.10^{-19} \times 100 = 1{,}6.10^{-17}$ N

2- $P = mg = 9{,}1.10^{-30}$ N $\quad \frac{F}{P} = 175.10^{10} \quad F = 175.10^{10}$ P

3- P négligeable devant F.

Exercice 3

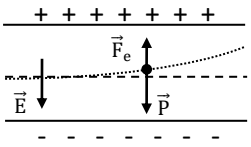
Entre les plaques métalliques parallèles et horizontales d'un oscillographe existe un champ électrostatique uniforme d'intensité E = 2000 V/m. La plaque supérieure est chargée positivement.

1. Sur un schéma, représente le vecteur champ $\vec{E}$ et les forces appliquées à un électron se trouvant en un point de ce champ.

2. Compare les intensités de ces forces. Conclus.

Données : $e = 1{,}6.10^{-19}$C ; $m = 9{,}1.10^{-31}$kg ; g = 10N/kg.

Corrigé

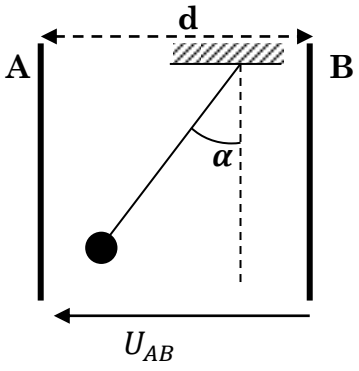
1. 

2. $\frac{F_e}{P} = \frac{e\,E}{m\,g} = 3{,}5.10^{13} \Rightarrow \; F_e = 3{,}5.10^{13}$ P . P est négligeable devant F_e

Exercice 4

Au cours d'une séance de Travaux Pratiques, ton professeur de Physique-Chimie réalise l'expérience ci-dessous.

Une sphère métallique électrisée de masse m = 0,1 g est suspendue à un fil de soie. On place la sphère entre deux plaques métalliques A et B parallèles, distantes de d = 5 cm et soumises à une d.d.p. V_A-V_B= 100 V. Le fil de soie



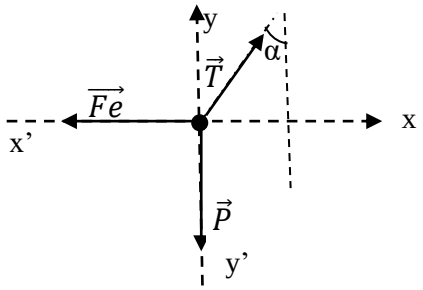
s'incline d'un angle α = 30° par rapport à la verticale. (Voir figure ci-dessus)

Le professeur demande à ton groupe de déterminer la valeur de ce champ électrostatique et celle de la charge électrique. Tu es le rapporteur du groupe.
Donnée : g = 10 N/kg.

1. Définis l'espace champ électrostatique.
2. Représente, un schéma, les forces qui s'exercent sur la sphère électrisée.
3. Détermine :
   3.1- la valeur F de la force électrostatique $\overrightarrow{F}$ à laquelle est soumise la sphère ;
   3.2- la valeur E du champ électrostatique $\vec{E}$;
   3.3- la valeur absolue |q| de la charge électrique de la sphère.
4. Déduis la valeur algébrique de la charge électrique de la sphère et justifie ta réponse.

Corrigé

1. C'est la région de l'espace où tout corps chargé est soumis à une force électrostatique.
2. Système : la sphère
   Référentiel terrestre suppose galiléen.
   Bilan des forces extérieures :
   .$\vec{P}$: Poids de la sphère ;
   .$\vec{T}$: Tension du fil.
   .$\vec{F}_e$: Force électrostatique



3.

3.1 Valeur de $\vec{F}$

A l'équilibre, $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$. Sur les axes (x'x) et (y'y) : $P_x + T_x + F_{ex} = 0$ (1) et $P_y + T_y + F_{ey} = 0$ (2)

(1) : $-F_e + T\sin\alpha = 0 \Rightarrow F_e = T\sin\alpha$; $\frac{(1)}{(2)} \Longrightarrow$ **$F_e = P\tan\alpha$**

(2) : $T\cos\alpha - P = 0 \Rightarrow P = T\cos\alpha$

$F_e = mg\tan\alpha \Rightarrow F_e = 0{,}1.10^{-3}.\ 10\tan 30° \Rightarrow$

$F_e = 5{,}77.10^{-4}$N

3.2 Valeur de $\vec{E}$

$E = \frac{U_{AB}}{d} \Rightarrow E = \frac{100}{0{,}05} \Rightarrow$ d'où **$E = 2000\ V.m^{-1}$.**

3.3 Valeur $|q|$

$F_e = |q|E \Rightarrow |q| = \frac{F_e}{E} \Rightarrow |q| = \frac{5{,}77.10^{-4}}{2000} \Rightarrow$ **$|q| = 2{,}88.10^{-7}$C**

4.Valeur algébrique de la charge électrique

La sphère étant attirée par la plaque A, chargée positivement donc q < 0 ; d'où **$q = -2{,}88.10^{-7}$ C**

Exercice 5

Au cours d'une séance de Travaux Pratiques au Lycée Moderne d'Abengourou, les élèves de 1ère C placent dans un champ électrostatique uniforme horizontal, un pendule électrostatique qui porte une boule de charge négative et de masse m = 5 g. Le fil s'écarte d'un angle α de la verticale et la boule est en équilibre.

Données : $E = 2.10^3\ V.m^{-1}$, q = -5 µC, g = 10 N/kg.

Le professeur de physique-Chimie leur demande de déterminer la valeur de l'angle α que fait le fil avec la verticale.

Tu es l'un des élèves de cette classe.

1. Définis la force électrostatique.
2. Représente des forces qui s'exercent sur la boule sur un schéma.
3. Détermine :
   3.1 la valeur de la force électrostatique que subie la boule ;
   3.2 la valeur de l'angle α.

Solution

1. La force électrostatique est une force d'interaction à distance entre des corps chargés : c'est la force subie par une particule chargée dans un espace champ électrostatique.

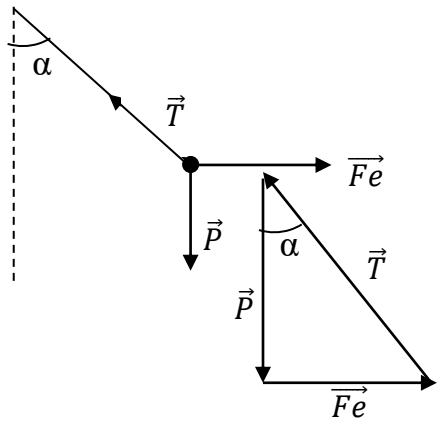
Système : la sphère

Référentiel terrestre suppose galiléen

Bilan des forces extérieures :

- $\vec{P}$: Poids de la sphère ;
- $\vec{T}$: Tension du fil ;
- $\overrightarrow{Fe}$: Force électrostatique.

Représentation des forces extérieures



3.

3.1 Valeur de $\vec{F_e}$

Fe = $|q|$E A.N : Fe = $5.10^{-6} \times 2.10^{3}$

Fe = 0,01 N

3.2 Valeur de l'angle α.

$\tan\alpha = \frac{Fe}{P} = \frac{|q|E}{mg}$

$\tan\alpha = \frac{5.10^{-6} \times 2000}{5.10^{-3} \times 10}$ **α = 11,31°**

2. DOCUMENTATION

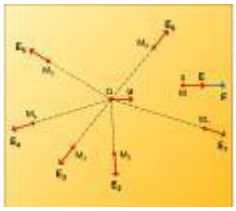
L'électrostatique

La matière est électriquement neutre puisqu'elle est composée d'atomes qui comportent autant d'électrons (chargés négativement) que de protons (chargés positivement). L'électrisation correspond à un gain ou à une perte d'électrons par rapport à la neutralité. Toute charge électrique est donc un multiple entier d'une charge insécable « *e* », dite charge élémentaire, la charge de l'électron étant égale à - *e*.

La loi de Coulomb

Le phénomène d'électrisation se manifeste par l'existence de forces électrostatiques s'exerçant entre corps électrisés. Ces forces sont attractives pour deux charges de signes contraires et répulsives pour deux charges de même signe. Ainsi, l'électrostatique est construite à partir de la loi de Coulomb qui, comme la loi de Newton, précise que la force électrostatique s'exerçant entre deux charges ponctuelles est inversement proportionnelle au carré de la distance : $\mathbf{F} = (1/4\pi\varepsilon_0)\,(Qq/r^2)\,\mathbf{u}$ (où **u** est un vecteur unitaire et ε_0 la permittivité du vide, $\varepsilon_0 = 10^7/4\pi c^2$, *c* étant la célérité de la lumière dans le vide). Cette loi postule la possibilité d'une action à distance sans contact matériel et introduit le concept de champ électrostatique : la charge Q crée en tout point de l'espace une perturbation, le vecteur champ électrostatique $\mathbf{E} = (1/4\pi\varepsilon_0)\,(Q/r^2)\,\mathbf{u}$. La charge q placée dans ce champ **E** est alors soumise à la force $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$ (fig. 1).

Création d'un champ électrique



La charge Q crée un champ électrique en tout point de l'espace, ce champ exerce une force sur toute autre charge q.

Ces notions sont généralisées au cas de diverses distributions de charges.

La fonction potentiel électrostatique (V) permet d'évaluer le travail (W) des forces électrostatiques pour amener une charge q d'un point A à un point B en fonction de la différence de potentiel :

$W_{A\rightarrow B} = q(V_A - V_B)$ Dans le cas d'une charge ponctuelle, la fonction potentiel s'exprime par

$V(r) = (1/4\pi\varepsilon_0)\,(Q/r) + C^{te}$.

Le potentiel électrique s'exprime en volts (V), le champ électrique en volts par mètre ($V.m^{-1}$).

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 3 : OPTIQUE

TITRE DE LA LEÇON : INTRODUCTION À L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de première D au Lycée TIAPANI Dominique de DABOU découvre dans une revue scientifique que la lumière est une onde. Elle peut se propager dans le vide et sa couleur est fonction de sa longueur d'onde.

Pour en savoir plus, il partage ces informations avec ses camarades de classe. Sous la supervision de leur Professeur, ils entreprennent de définir les sources, les récepteurs de lumière et les caractéristiques d'une onde.

II. CONTENU DE LA LECON

1- DÉFINITIONS

1.1- Source de lumière

Une source de lumière est un corps ou un dispositif qui émet de la lumière. On distingue:

- **Les sources primaires de lumière :** elles produisent la lumière qu'elles émettent.
  Exemple : le Soleil, lampe électrique allumée.
- **Les sources secondaires de lumière** : elles diffusent la lumière qu'elles reçoivent d'une source primaire.
  Exemple : la lune, une chaise…

1.2- Récepteur de lumière

Un récepteur de lumière est un corps ou un dispositif qui est sensible à la lumière qu'il reçoit.

En effet ce corps ou ce dispositif sous l'action de la lumière (éclairement) subit une transformation physique ou chimique.

- Exemples : œil, la chlorophylle, le capteur d'une caméra…

Activité d'application

Mets une croix dans la case qui convient

Objet	Diamant	miroir	chlorophylle	soleil	lune	photorésistance
Source primaire de lumière						
Source secondaire de lumière						
Récepteur de lumière						

Corrigé de l'activité d'application

Objet	Diamant	miroir	chlorophylle	soleil	lune	photorésistance
Source primaire de lumière				x		
Source secondaire de lumière	x	x			x	
Récepteur de lumière			x			x

1.3- **Milieu de propagation**

Un milieu de propagation de la lumière est un milieu transparent ou translucide qui laisse passer la lumière.
Exemples : le verre, l'eau, l'alcool, l'air, le vide…
Le milieu de propagation peut être homogène ou non.
Remarque: Tout milieu de propagation de la lumière est caractérisée par une grandeur appelée **indice de réfraction**, noté n.

1.4- **Célérité**

La célérité de la lumière est la vitesse de propagation de la lumière.
Dans le vide, sa valeur est $\mathbf{c = 3.10^8\ m.s^{-1}}$.
Dans l'eau sa valeur est $v = 2{,}25\ 10^8 m.s^{-1}$.
Remarque: l'indice de réfraction *n* est lié à la vitesse de propagation v de la lumière dans un milieu quelconque par la relation : $n = \frac{c}{v}$.

Activité d'application

Calcule la vitesse de la lumière dans le verre d'indice n = 1,6 sachant que la vitesse de la lumière dans le vide est $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$.

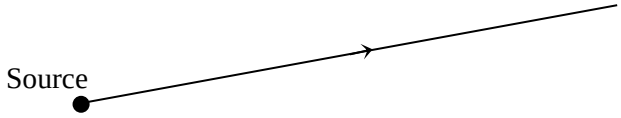
Solution

$n = \frac{c}{v}$ d'où $v = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8}{1{,}6} = 1{,}8.10^8$ m /s

Milieu	Air	Eau	Verre	Alcool
indice de réfraction n	1,00	1,33	1,50 à 1,70	1,36

1.5- **Rayon lumineux**

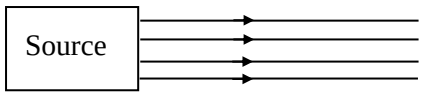
Dans un milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite. Le trajet suivi est représenté par une demi-droite appelée rayon lumineux. Le sens de propagation est représenté par une flèche.



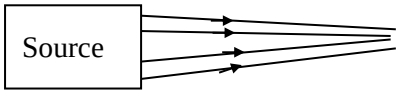
1.6- **Faisceau lumineux**

Un faisceau lumineux est un ensemble de rayons lumineux provenant d'une même source.
On distingue :

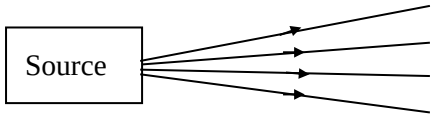
- les faisceaux parallèles



- les faisceaux convergents



- les faisceaux divergents



2- ONDE LUMINEUSE

2.1-Nature de la lumière

La lumière est une onde lumineuse qui se propage à partir d'une source.
Elle peut être représentée par une fonction sinusoïdale du temps.
Remarque : elle est caractérisée par une fréquence, une période et une longueur d'onde.

2.2- Fréquence N d'une onde

La fréquence **N** est le nombre de périodes par seconde.
Son unité est le **hertz** (Hz).
Expression : $N = \frac{1}{T}$

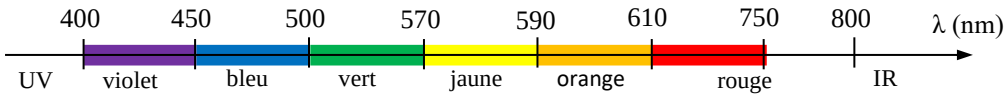
La période T s'exprime en seconde (s).

2.3- Longueur d'onde λ

La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde pendant une période.
Son unité est le **mètre** (m).
Dans le vide, la longueur d'onde $\lambda = \frac{C}{N}$
La célérité c de l'onde est la vitesse de propagation de l'onde. C'est le rapport de la distance d parcourue par l'onde par la durée Δt du parcours $c = \frac{d}{\Delta t}$

3.4- Lumière monochromatique

Une lumière monochromatique est une lumière constituée d'une seule couleur caractérisée par une longueur d'onde λ.
Les longueurs d'onde des lumières du domaine visible sont comprises entre 400 et 800 nm.



Activité d'application

La lumière bleue a pour longueur d'onde λ = 600 nm dans le vide. Cette lumière se propage dans l'alcool d'indice n = 1,36.

1-Calcule sa fréquence.

2-Détermine sa longueur d'onde dans l'alcool.

Solution

1-Fréquence de la lumière

$N = \frac{C}{\lambda} = \frac{3.10^8}{600.10^{-9}} = 5.10^{14}$ Hz

2-Longueur d'onde λ' dans l'alcool

$\lambda' = \frac{\lambda}{n} = \frac{600}{1,36} = 441,2$ nm

SITUATION D'EVALUATION

Un élève en classe de première D, pendant la récréation, dans la cours de ton Lycée, ramasse un bout de papier où est inscrit le tète suivant : « la source de laser émet une lumière monochromatique. La source de laser émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 = 630 nm dans le vide pour éclairer l'alcool d'indice n = 1,33 » voulant savoir d'avantage sur la longueur d'onde l'alcool, il te demande de l'aide.

Donnée : $c = 3.10^8$ m/s la célérité de la lumière dans le vide.

1- Définis une lumière monochromatique.
2- Détermine la fréquence N de la source de laser dans le vide.
3- Détermine:
   3.1- la vitesse v du laser dans l'alcool ;
   3.2- sa longueur d'onde λ dans l'alcool.

Solution

1. Une lumière monochromatique est une lumière constituée d'une seule couleur caractérisée par une longueur d'onde.
2. Détermination de la fréquence N de la source de laser dans le vide.
   $\lambda_0 = \frac{C}{N}$, d'où $N = \frac{c}{\lambda 0}$ AN: $N = \frac{\mathbf{3.10^8}}{\mathbf{630.10^{-9}}} = 4,7\ 10^{14}$ Hz.
3. Détermination de la :
   3.1. vitesse V du laser dans l'alcool.
   Nous savons que $\mathbf{n = \frac{c}{v}}$. Par conséquent, $\mathbf{v = \frac{c}{n}}$. AN : $V = \frac{3.10^8}{1,36} = 2,2.10^8$ m.s^{-1}.
   3.2.longueur d'onde : $\lambda = \frac{\lambda 0}{n}$ AN : $\lambda = \frac{630}{1,6} \times 10^{-9} = 463$ nm

III. EXERCICES

EXERCICE 1

Pour chacune des affirmations ci-dessous, complète le tableau en mettant une croix dans la case qui convient.

N°	PROPOSITION	VRAI	FAUX
1	La lune est une source primaire de lumière		
2	La lumière blanche est une lumière polychromatique		
3	L'expression de la longueur d'onde λ est $\lambda = C \times T$ et s'exprime en mètre		
4	Un faisceau lumineux provient toujours d'une source primaire de lumière		

CORRIGE DE L'EXERCICE 1

1

N°	PROPOSITION	VRAI	FAUX
1	La lune est une source primaire de lumière		X
2	La lumière blanche est une lumière polychromatique		X
3	L'expression de la longueur d'onde λ est $\lambda = C \times T$ et s'exprime en mètre.	X	
4	Un faisceau lumineux provient toujours d'une source primaire de lumière		X

EXERCICE 2

Complète le texte ci-dessous avec les groupes de mots suivants :
La couleur rouge, longueur d'onde, la couleur violette, ligne droite, une couleur précise

Dans tout système optique, le chemin suivi par la lumière est indépendant du sens de propagation. Dans un milieu transparent homogène et isotrope ; la lumière se propage en ……..

La lumière blanche est un ensemble d'ondes lumineuses de …… différentes. A une longueur d'onde donnée correspond……..Dans le vide 400nm correspond à ……..et 750nm à ……La lumière est un ensemble d'ondes électromagnétiques visibles.

CORRIGE DE L'EXERCICE 2

Dans tout système optique, le chemin suivi par la lumière est indépendant du sens de propagation. Dans un milieu transparent homogène et isotrope ; la lumière se propage **en ligne droite**.

La lumière blanche est un ensemble d'ondes lumineuses de **longueurs d'onde** différentes. A une longueur d'onde donnée correspond **une couleur précise**. Dans le vide 400 nm correspond à **la couleur violette** et 750nm à **la couleur rouge**. La lumière est un ensemble d'ondes électromagnétiques visibles.

EXERCICE 3

Dans un milieu transparent, la longueur d'onde de la radiation jaune de sodium vaut λ=587,5nm.
Détermine :

1-l'indice de réfraction du milieu sachant que dans le vide λ_o = 589nm ;
2-la longueur d'onde de cette radiation, dans le diamant d'indice n = 2,42.

CORRIGE DE L'EXERCICE 3

1-Indice du milieu

$\lambda = \frac{\lambda 0}{n}$ d'où $n = \frac{\lambda_o}{\lambda}$

A.N : $n = \frac{589}{587,5} = 1,002 \simeq 1$

2- Longueur d'onde de la radiation

$\lambda = \frac{\lambda 0}{n}$

A.N $\lambda = \frac{589}{2;42} = 243,3$ nm.

EXERCICE 4

Au cours d'un feu d'artifice auquel ton voisin de classe a assisté, une fusée artificielle est lancée verticalement à partir du sol. Elle éclate en un point situé à la verticale passant par sa position. Il mesure que le son de l'explosion lui parvient avec un retard $\Delta t = 0,2$ s sur l'observation de la gerbe de lumière. La célérité de la lumière est $c = 3.10^8$m/s et celle du son dans l'air est c'= 340 m. s^{-1}.

Il te sollicite pour l'aider à déterminer l'altitude H à laquelle la fusée a éclaté.

1.

1.1- Définis une source de lumière.

1.2- Donne la source de lumière dans cette situation.

2. Exprime :

2.1- la durée $t_1$au bout de laquelle ton voisin perçoit la gerbe de lumière en fonction de H et C.

2.2-la durée t_2 au bout de laquelle ton voisin perçoit le son de l'explosion en fonction de H et C'.

3-Détermine l'altitude H

CORRIGE DE L'EXERCICE 4

1.1- Une source de la lumière est un corps ou système qui émet de la lumière.

1.2- la gerbe de la lumière

2.

2.1- $H = C.t_1$ d'où $t_1 = \frac{H}{C}$

2.2- $H = C'.t_2$ d'où $t_2 = \frac{H}{C'}$

3) Le retard entre la perception de la lumière et le son est :

$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{H}{C'} - \frac{H}{C}$. On déduit $H = \frac{C.C'.\Delta t}{C - C'}$

AN : $H = \frac{3.10^8 .340. 0,2}{3.10^8 - 340} = 68$ m

EXERCICE 5

Ton voisin de classe est à une distance D= 10 km d'un orage. Il constate qu'il voit l'éclair avant d'entendre le tonnerre. Il sait qu'au cours d'un orage, l'éclair et le tonnerre sont produits simultanément, que le son se propage à la vitesse de 340 $m.s^{-1}$ et la lumière à la célérité$C_1 = 3.10^8$ m/s.

Il te sollicite pour comprendre cette observation.

1. Définis un récepteur de lumière.
2. Donne le récepteur de lumière dans cette situation.
3. Détermine la durée au bout de laquelle l'observateur perçoit :
   3.1-Le tonnerre ;
   3.2-l'éclair.
4. Explique pourquoi l'observateur voit l'éclair avant d'entendre le grondement du tonnerre.

CORRIGE DE L'EXERCICE 5

1. Un récepteur de la lumière est un corps ou un système sensible à la lumière.
2. L'œil
3. Durée au bout de laquelle l'observateur perçoit :

3.1 le tonnerre : $t_1 = \frac{D}{V} = \frac{10000}{340} = 29{,}4$ s

3.2 L'éclair : $t_2 = \frac{D}{C} = \frac{10000}{3.10^8} = 3{,}3.10^{-5}$ s

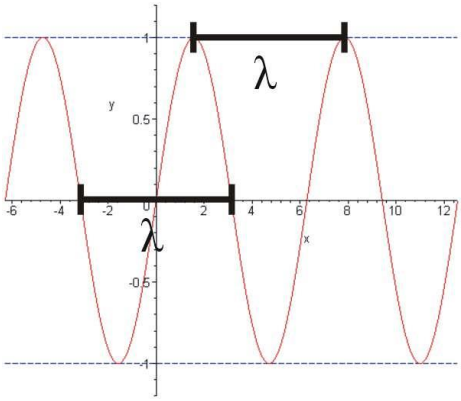
3. L'éclair met moins de temps à parvenir à l'observateur que le tonnerre la lumière (l'éclair) se propage plus vite que le son (le tonnerre)

IV. DOCUMENTATION

La physique des ondes étudie les déformations qui se propagent dans un milieu, que celui-ci soit matériel ou non. Il existe trois grandes catégories d'ondes : les ondes gravitationnelles, les ondes mécaniques - comme la houle, les ondes sismiques ou les ondes sonores -- et les ondes électromagnétiques -- comme la lumière.

La longueur d'onde est l'une des caractéristiques propres à chaque onde, quelle que soit sa nature. Elle se note à l'aide de la lettre grecque lambda : λ. Elle représente la périodicité spatiale des oscillations, c'est-à-dire la distance entre deux maximas de l'oscillation, par exemple. La longueur d'onde est aussi la distance parcourue par l'onde pendant une période d'oscillation. Ainsi, elle est inversement proportionnelle à la fréquence et s'exprime en mètre.

La longueur d'onde représente la distance parcourue par l'onde pendant une période d'oscillation.



À chaque onde, sa longueur d'onde

Notez que la longueur d'onde dépend de la vitesse à laquelle l'onde se propage dans le milieu. Ainsi, lorsqu'une onde passe d'un milieu à un autre en changeant de vitesse, sa longueur d'onde varie, même si sa fréquence reste la même. Le tout selon la relation suivante : $\lambda = c.T = c/f$, où c correspond à la célérité de l'onde, T à sa période temporelle et f à sa fréquence.

Les noms donnés aux ondes électromagnétiques permettent de les situer sur l'échelle des longueurs d'onde. Les ondes radio présentent des longueurs d'onde supérieures à 30 centimètres. Les longueurs d'onde de la lumière visible se situent entre 400 et 700 nanomètres. Et chaque couleur de la lumière visible est caractérisée par un intervalle de longueur d'onde. Ainsi, le vert se situe autour des 510 nanomètres et le rouge, autour des 650 nanomètres.

Rappelons également que plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique est courte, plus l'énergie qu'elle transporte est grande. Les rayons X par exemple présentent une longueur d'onde comprise entre 10^{-11} et 10^{-8} mètres. Ils transportent ainsi plus d'énergie que les micro-ondes dont la longueur d'onde se situe entre 3 millimètres et 30 centimètres.

Niveau : 1ères CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 3: OPTIQUE

TITRE DE LA LEÇON : LES LENTILLES MINCES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le Professeur de Physique-Chimie de la 1re C du Lycée Moderne de Bouaflé dit à ses élèves que les lunettes (verres correcteurs)sont des lentilles minces. Pour mieux les aider à comprendre leur fonctionnement, il décide d'étudieravec eux, les caractéristiques d'une lentille mince, de construire l'image d'un objet à travers une lentille mince puis d'appliquer le théorème des vergences.

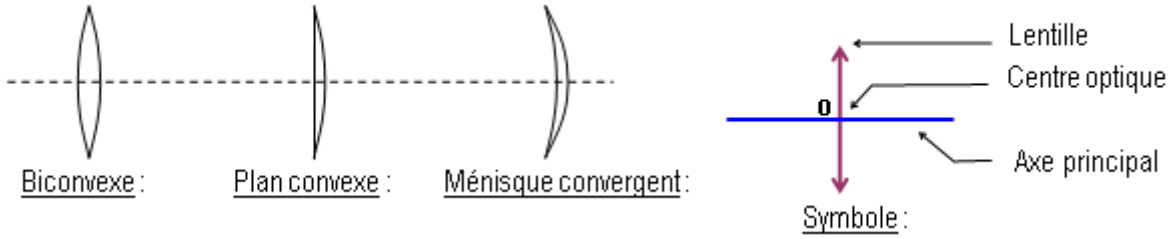
II. CONTENU DE LA LECON

1 – Définitions :

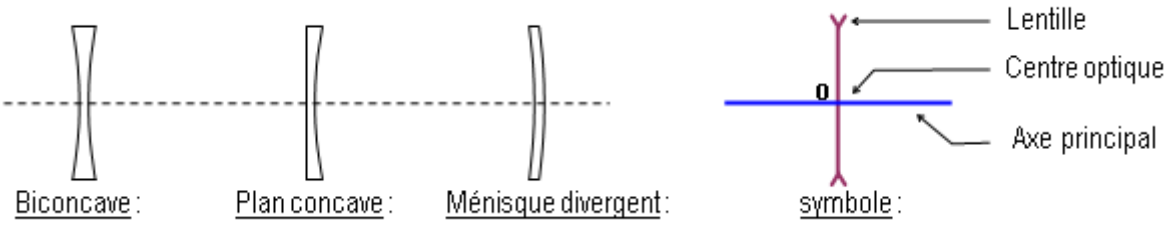
- Une lentille est un milieu transparent limitée par deux calottes sphérique ou une calotte sphérique et un plan
- Une lentille est dite mince si son épaisseur ***l*** est négligeable devant les rayons R_1 et R_2 des calottes sphériques.

2 – Les deux types de lentilles

2.1-Les lentilles convergentes : ce sont les lentilles minces à bords minces.
Son épaisseur est plus grande au centre au centre que sur les bords



2.2-Les lentilles divergentes : cesont lentilles minces à bords épais.
Son épaisseur est plus grande à ses bords qu'à sn centre.

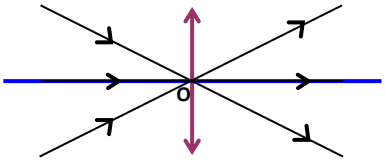


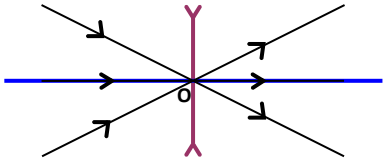
3. les caractéristiques d'une lentille mince.

3.1 -Le centre optique d'une lentille mince

Le centre optique, noté O,d'une lentille mince est le point où l'axe optique principal traverse la lentille.

Tout rayon incident passant par le centre optique d'une lentille mince n'est pas dévié.



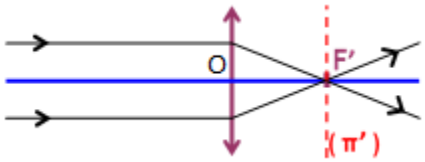


3.2<u>Foyers</u>

3.2.1– Foyers principaux d'une lentille convergente

a. Foyer principal image

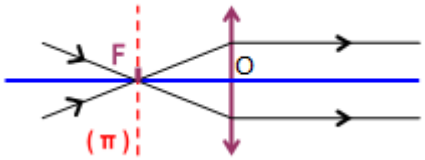
* Tous les rayons incidents parallèles à l'axeoptique principal convergent en un point **F'** appelé foyer principal image.



F' : Foyer principal image.

b. Foyer principal objet

Il existe un point F de l'axe optique principal d'une lentille convergentetel que tout rayon incident passant par F émerge parallèlement à l'axe optique. Ce point F est appelé foyer principal objet.

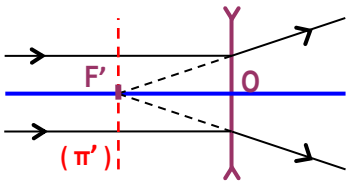


Les foyers objet et image d'une lentille convergente sont réels.

<u>Remarque</u> **:**les distances OF et OF' sont égales. **OF = OF'**

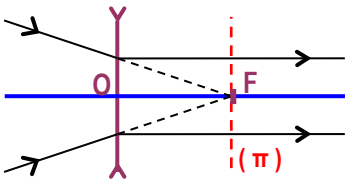
3.2.2 Foyers principaux d'une lentille divergente

Tous les rayons incidents parallèles à l'axe principal, divergent en sortant de la lentille, tel que leurs directions se coupent en un point **F'**par prolongement.



F' : Foyer principal image.

* Tous les rayons incidents qui sortent de la lentille parallèlement à l'axe principal, ont leurs directions qui se coupent en un point **F**par prolongement.

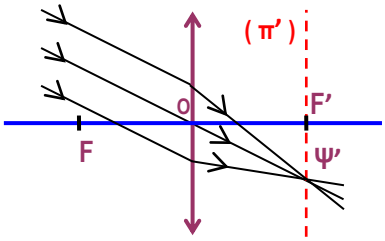


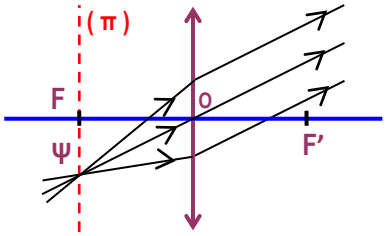
F : Foyer principal objet.

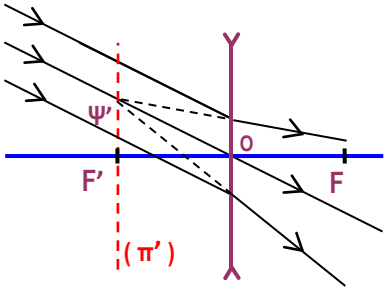
Les foyers objet et image d'une lentille divergente sont virtuels.
Remarque: les distances OF et OF' sont égales. **OF = OF'**

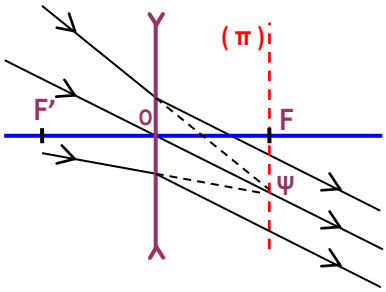
3.2.3 – Foyers secondaires

Un foyer secondaire objet est un point du plan focal objet.
Un foyer secondaireimage est un point du plan focal image.





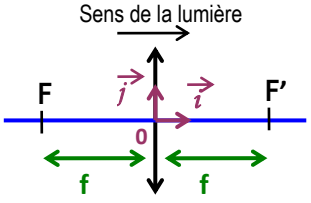


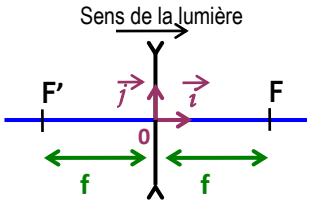


4 – <u>Distance focale - Vergence</u> :

4 1-Orientation de l'espace :

Par convention, l'axe principal est orienté dans le sens de la propagation de la lumière.





4 2-La distance focale d'une lentille :

La distance focale**f**d'une lentille est la distance entre le centre optique Oet le foyer principal objet F ou image F'.

m f = OF = OF'

4 3 -La vergence d'une lentille :

La vergence**C** d'une lentille est donnée par la relation : $C = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f}$.

L'unité de la vergence est la dioptrie, de symbole δ.

Remarque :

En tenant compte de la convention vue au 4-1, $\overline{OF'}$ est positive pour une lentille convergente et négative pour une lentille divergente.
En conséquence la vergence d'une lentille convergente est positive et celle d'une lentille divergente est négative.

5 – FORMATION DE L'IMAGE D'UN OBJET

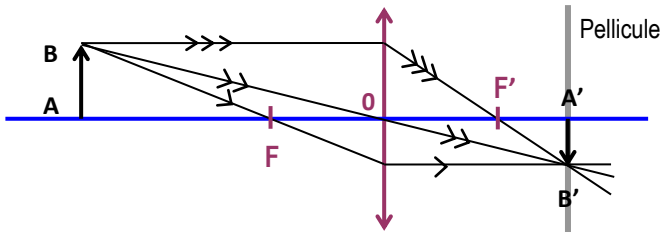
L'image d'un objet est la somme des images de chacun des points de l'objet.

5 1 – Construction d'une image

* L'image d'un point objet est le point d'intersection des rayons émergents ou de leurs supports.
* Pour tracer les rayons émergents, il suffit d'utiliser les propriétés des foyers principaux et du centre optique.

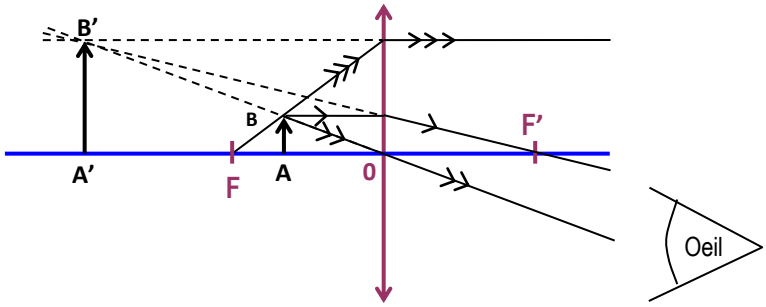
Exemples

1er exemple : Principe de l'appareil photo



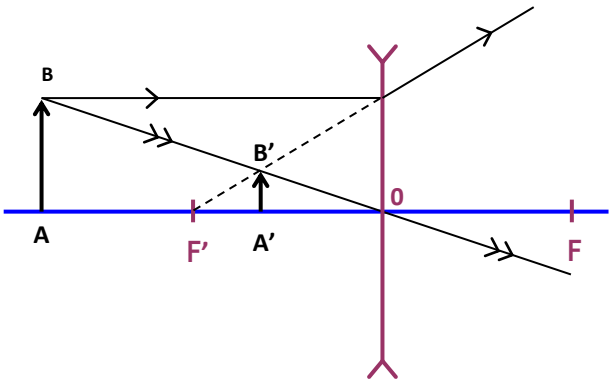
Objet réel.
Image réelle : Car peut être recueilli sur un écran

2ème exemple : Principe de la loupe



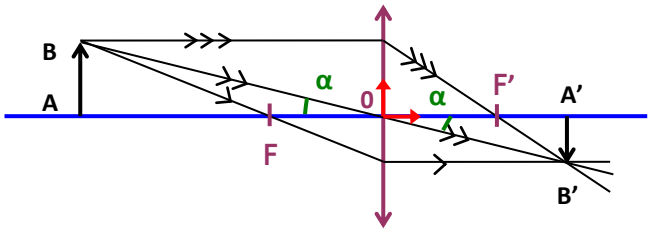
Objet réel.
Image virtuelle, car ne peut pas être recueillie sur un écran.
Image non renversée.

3ème exemple : Principe de la lunette de myope



5.2–Le grandissement et la formule de conjugaison

5.2 1-Le grandissement



$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{0A'}}{\overline{0A}}$ = γ est appelé grandissement. Le grandissement est sans unité.

- Si γ > 0, l'image est droite par rapport à l'objet.
- Si γ < 0 l'image est renversée par rapport à l'objet.
- Si $|\gamma|$> 1, l'image est plus grande que l'objet.
- Si $|\gamma|$< 1, l'image est plus petite que l'objet

5-2-2-La formule de conjugaison :

En se référant au schéma ci- dessus, on obtient la formule de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{0A'}} - \frac{1}{\overline{0A}} = \frac{1}{\overline{0F'}}.$$

Soient deux lentilles minces **L_1** et **L_2** de vergences respectives **C_1**et **C_2**.
Ces deux lentilles accolées se comportent comme une lentille **L** de vergence **$C = C_1 + C_2$**.
C'est le théorème des vergences.

SITUATION D'EVALUATION

Sous la supervision de son professeur, un groupe d'élèves de troisième doit réaliser des expériences à l'aide d'une lentille mince convergente. On met à sa disposition un objet réel AB, de 10 cm de hauteur, perpendiculaire à l'axe principal d'une lentille mince convergente de 20 cm de distance focale et placé à 50 cm de la lentille ; Tu es le représentant de ce groupe.

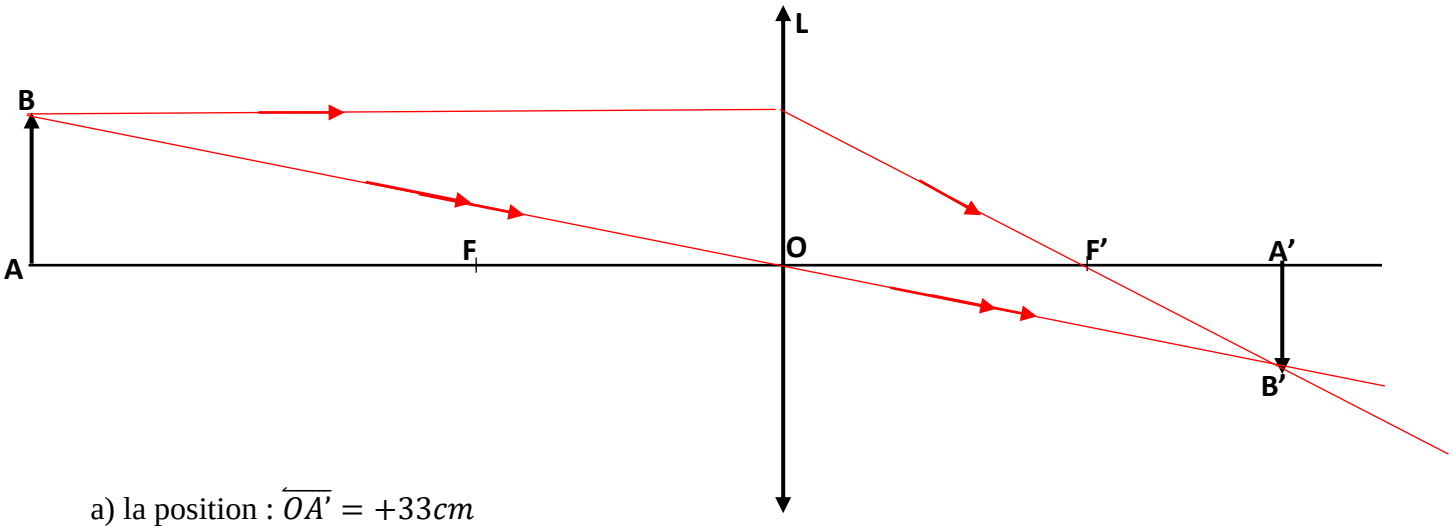
1. Rappelle :
   a) la formule de conjugaison.
   b) l'expression du grandissement.
2. Déterminer les caractéristiques suivantes de l'image :
   a) la position
   b) la nature,
   c) le sens
   d) la grandeur

Corrigé

1. Rappelle :
   a) la formule de conjugaison est :$\frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$

b) l'expression du grandissement est $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

2. Déterminer les caractéristiques suivantes de l'image :



a) la position : $\overline{OA'} = +33cm$

b) la nature : l'image est réelle

c) le sens : L'image est renversée par rapport à l'objet

d) la grandeur : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ A.N$\gamma = -\frac{1,5}{2} = -0,75$.

Comme $\gamma < 0$ alors l'image est plus petite que l'objet.

III. EXERCICES

EXERCICE N° 1

Pour chacune des affirmations ci-dessous, complète le tableau en mettant une croix dans la case qui convient.

N°	Propositions	Vrai	Faux
1	Un rayon passant par le centre optique lentille mince n'est pas dévié		
2	Pour construire l'image d'un objet il suffit de tracer les marches de deux rayons particuliers.		
3	Un rayon parallèle à l'axe optique d'une lentille divergent semble provenir du foyer – objet.		
4	Un rayon passant par le foyer objet émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique		
5	La vergence c d'une lentille est l'inverse de sa distance focale		

CORRECTION EXERCICE N°1

Pour chacune des affirmations ci-dessous, complète le tableau en mettant une croix dans la case qui convient.

N°	Propositions	Vrai	Faux
1	Un rayon passant par le centre optique lentille divergente n'est pas dévié	X	
2	Pour construire l'image d'un objet il suffit de tracer la marche d'un rayon particuliers.		X

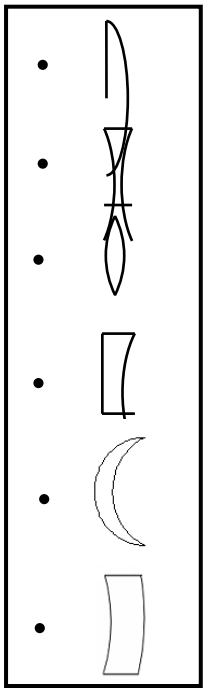
3	Un rayon parallèle à l'axe optique d'une lentille divergent semble provenir du foyer – objet.	X	
4	Un rayon passant par le foyer objet émerge de la lentille convergente parallèlement à l'axe optique	X	
5	La distance focale f d'une lentille est la distance entre ses foyers.		X
6	La vergence C d'une lentille est l'inverse de sa distance focale	X	

EXERCICE N°2

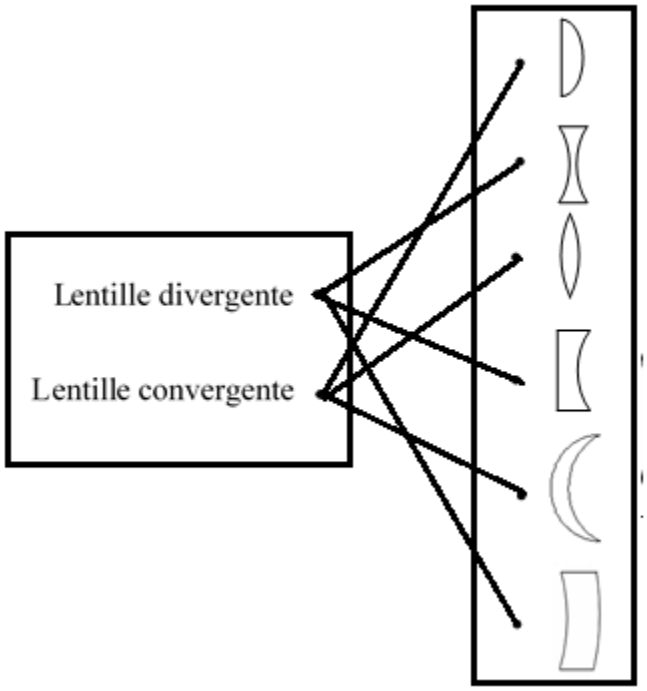
Relie par un trait, chaque type de lentille à son symbole.

Lentille divergente •

Lentille convergente •



CORRECTION EXERCICE N°2



EXERCICE3

Une lentille mince L_1 de vergence $C_1 = -5\delta$et une autre lentille mince L_2 de distance focale $f_2 = +20\ cm$ sont accolées.

1. La lentille L_1 est :
   a. convergente à bords épais
   b. divergente à bords minces
   c. d'épaisseur plus grande à ses bords qu'à son centre
2. la valeur de la vergence C_2 de la lentille L_2 est :
   a. $C_2 = 0{,}05\ \delta$
   b. $C_2 = 5\ \delta$
   c. $C_2 = -5\ \delta$
3. L'expression de la vergence des lentilles L_1 et L_2 accolées est :
   a. $C = C_2 - C_1$
   b. $C = C_2 + C_1$
   c. $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
4. La valeur de la vergence des lentilles L_1 et L_2 accolées est :
   a. $C = 10\delta$
   b. $C = 0\delta$
   c. $C = 0{,}025\delta$

Recopie la lettre correspondant à la bonne réponse.

COORECTION EXERCICE3

1. c
2. b
3. b
4. a

EXERCICE N°4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton Professeur place un objet lumineux AB de hauteur h = 2cm à 8 cm du centre optique O d'une lentille convergente de distance focale f = 10cm, perpendiculairement à l'axe optique. Il obtient une image A'B'.

Première partie

1. Détermine la position $\overline{OA'}$ de l'image A'B' en appliquant la formule de conjugaison.
2. Détermine :
   2.1- le grandissement γ de cette lentille.
   2.2- la hauteur h = A'B' de l'image de cet objet lumineux.

Deuxième partie

Il te donne une autre lentille de vergence $C_2 = -15\ \delta$ que tu accoles à la première.

3. Donne la nature de la lentille obtenue.
4. Donne un qualificatif à l'image obtenue.

Solution

Première partie

1. Détermine la position $\overline{OA'}$ de l'image A'B' en appliquant la formule de conjugaison.

$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ avec $\overline{OA} = 0{,}08\ m$; $\overline{OF'} = 0{,}1\ m$

$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{\overline{OA}+\overline{OF'}}{\overline{OA}.\overline{OF'}} => \frac{\overline{OA'}}{1} = \frac{\overline{OA}.\overline{OF'}}{\overline{OA}+\overline{OF'}}$ AN: $\frac{0.08x0.1}{0.09} = 0.088m$ soit $OA' = 0.09\ m = 9\ cm$

2. Déterminons :

2.1- le grandissement γ de cette lentille.

$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{0A'}}{\overline{0A}}\ \gamma = \frac{0.09}{0.08} = 1.1$

2.2- la hauteur h = A'B' de l'image de cet objet lumineux.

$$\overline{AB} = AB \times 1.1 = 2.2\ cm$$

Deuxième partie

3- Donne la nature de la lentille obtenue.

C'est une lentille mince.

4- Donne un qualificatif à l'image obtenue.

Renversée

EXERCICE5

Sous la supervision de son professeur, un groupe d'élèves de troisième doit réaliser des expériences à l'aide d'une lentille mince convergente. Il met à sa disposition un objet réel AB, de 10 cm de hauteur, perpendiculaire à l'axe principal d'une lentille mince convergente de 20 cm de distance focale et placé à 50 cm de la lentille. Leur professeur veut Tu es le rapporteur de ce groupe.

1. Rappelle :

a) la formule de conjugaison.

b) l'expression du grandissement.

2. Détermine les caractéristiques suivantes de l'image :

a) la position

b) la nature,

c) le sens

d) la grandeur

CORRCTION DE L'EXERCICE 5

1. Je rappelle :

a) la formule de conjugaison.

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}$$

b) l'expression du grandissement.

$$\gamma=\frac{A'B'}{AB}=\frac{OA'}{OA}=-\frac{p'}{p}$$

2. Déterminons :

a) la position de l'image

l'objet est réel, donc p= + 50 cm ; la lentille est convergente donc f= +20 cm

$p'=\frac{pf}{p-f}$ alors$p'=\frac{50\ x\ 20}{50-20}=+33 => l'image\ est$ à 33 $cm\ de\ la\ lentille$

b) Nature de l'image

L'image est réelle

c) Sens

$\gamma=-\frac{p'}{p}$avec p' = +33 cm et p = +50 cm ; cela donne $\gamma=-0{,}67$. On en conclut que l'image est renversée.

.

d) la grandeur est $A'B'=10\ \times\ 0{,}67=6{,}7$

EXERCICE 6

Un groupe élève en classe de première, sous la supervision de leur professeur de Physique Chimie, effectue une séance de TP, sur l'utilisation d'une lentille en tant que loupe. Pour ce faire, le groupe utilise une lentille convergente d'une loupe dont la distance focale est 10 cm. A 4 cm de la lentille, un élève place un objet plan, perpendiculaire à l'axe optique, de hauteur 2 cm. Le groupe veut savoir si l'expérience décrite correspond à l'utilisation de la lentille en tant que loupe.

Tu es le rapporteur.

1. Sur un sc*héma* représente la lentille, l'axe optique, les foyers et l'objet que tu noteras AB, le point A étant sur l'axe optique. Tu prendras l'échelle 1/2 pour tout le schéma.
2. Trace :

2.1 Deux rayons, issus du point B, qui permettent de situer son image.

2.2 Les rayons, issus du point B, qui passent par les bords de la lentille.

3. Détermine :

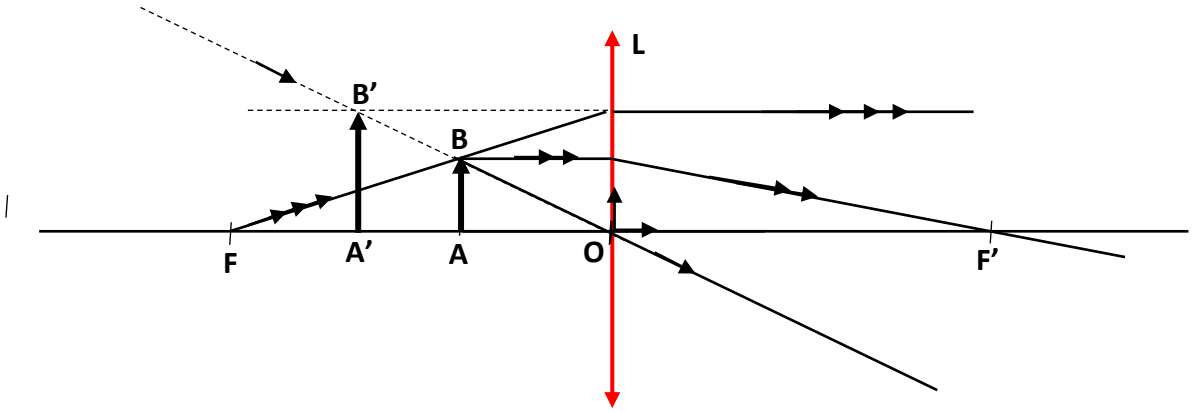
3.1 la position du point A' image du point A.

3.2 graphiquement la distance entre l'image A'B' et la lentille.

3.3 La hauteur de cette image

4. Calcule le grandissement.

5. Justifie que la lentille utilisée est une loupe.



CORRECTION EXERCICE 6

1. Sur un s*chéma* représente la lentille L, l'axe optique, les foyers et l'objet que tu noteras AB, le point A étant sur l'axe optique. Tu prendras l'échelle 1/2 pour tout le schéma.

Voir schéma

2. Trace :

2.1 Deux rayons, issus du point B, qui permettent de situer son image.

Voir schéma

2.2 Les rayons, issus du point B, qui passent par les bords de la lentille.

Voir schéma

3. Détermine :

3.1 La position du point A' image du point A.

$$\overline{A'A} = 1{,}3 \times 2 = 2{,}6cm$$

3.2 Graphiquement la distance entre l'image A'B' et la lentille.

$$\overline{A'O} = 3{,}3 \times 2 = 6{,}6cm$$

3.3 La hauteur de cette image

$$A'B' = 1{,}6 \times 2 = 3{,}2cm$$

4. Calcule le grandissement.

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ A.N $\gamma = \frac{1{,}6}{1} = 1{,}6$

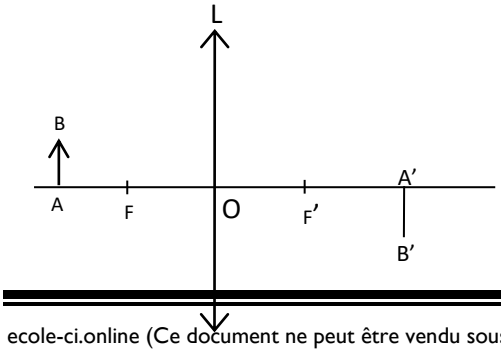
5. Justifie que la lentille utilisée est une loupe.

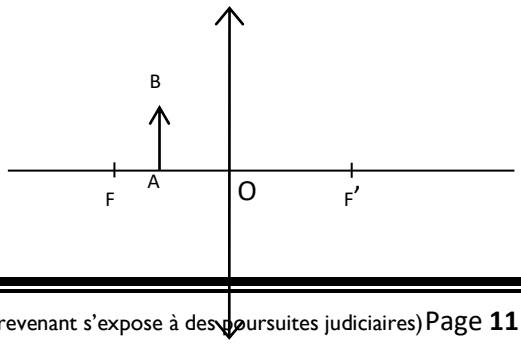
Comme $\gamma > 1$ alors l'image est plus grande que l'objet et l'image étant non renversée alors la lentille utilisée est une loupe

EXERCICE 7

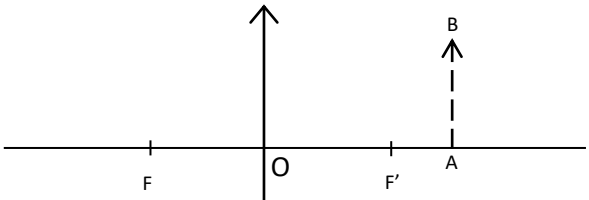
Lors d'une séance de travaux dirigés, les élèves d'une classe de première doivent configurer les objets et images en utilisant des lentilles convergente et divergente. Pour chaque type de lentille, on met à la disposition de chaque groupe un support didactique portant quelques indications.

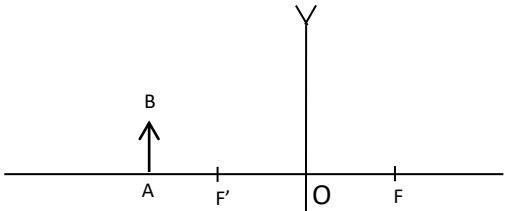
Cas N° 1Cas N°2



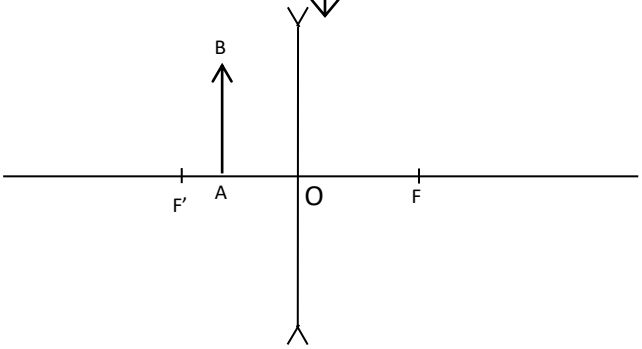


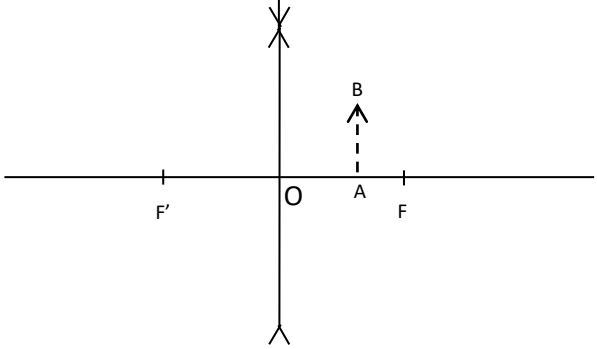
Cas N°3Cas N°4





Cas N° 5Cas N°6



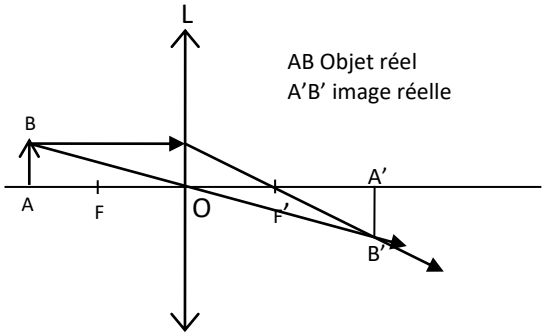


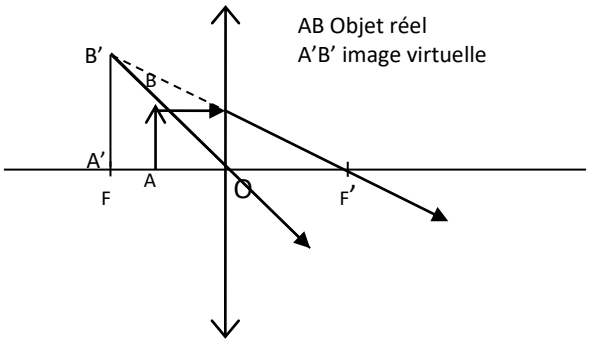
Tu es le représentant de ton groupe.

1- Construis l'image de l'objet AB à travers la lentille mince dans chacun des cas suivants.
2- Précise la nature (virtuelle ou réelle) de l'image et de l'objet.

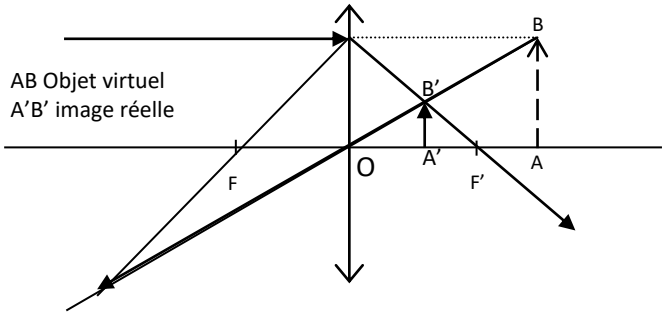
CORRCTION DE L'EXERCICE7

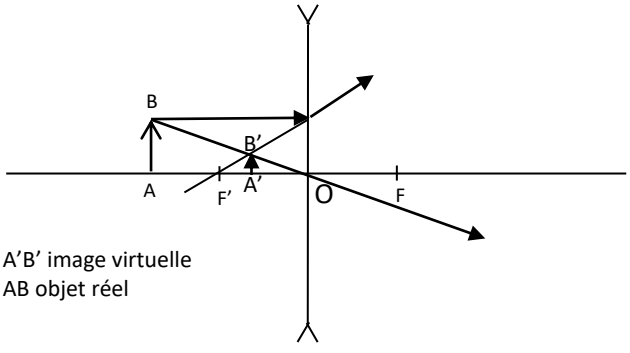
Cas N° 1Cas N°2



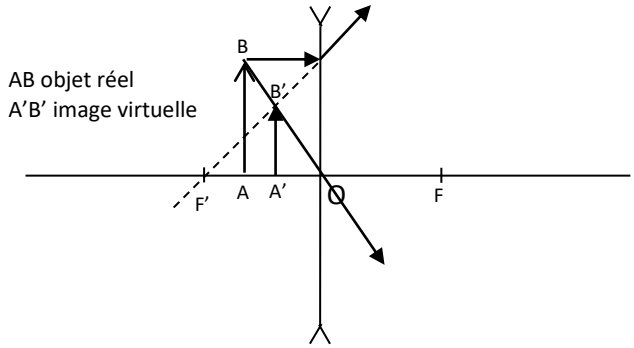


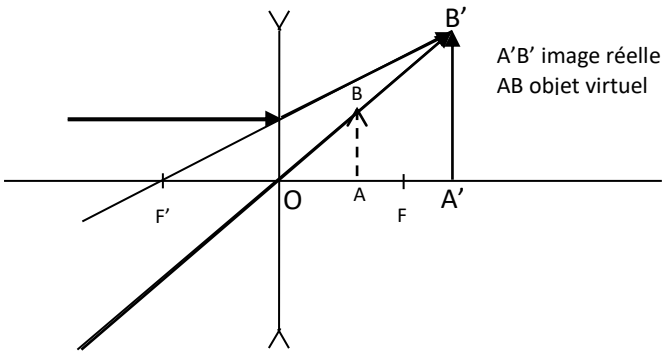
Cas N°3Cas N°4





Cas N° 5Cas N°6





IV.DOCUMENTATION

Choses à faire et à ne pas faire lorsqu'on porte des lentilles de contact

Voici une liste de choses à faire et à ne pas faire quand on porte des lentilles de contact. Ce guide sera très utile pour les nouveaux porteurs de lentilles et sera également un très bon rappel des bonnes pratiques pour les porteurs plus habitués.

À faire

- Enlevez immédiatement vos lentilles et consultez un opticien si vous commencez à présenter les symptômes suivants : douleur, rougeur, brûlure, larmes excessives, vision trouble et/ ou sensibilité.
- Faites-vous examiner les yeux assez régulièrement pour vous assurer que votre ordonnance est à jour et que les lentilles que l'on vous a prescrites vous correspondent bien. En effet, l'absence de symptômes ne signifie pas pour autant que vos lentilles ne causent pas d'effets secondaires indésirables.
- Respectez les conseils de votre ophtalmologue en termes de durée de port, de fréquence de renouvellement et d'utilisation de produit d'entretien. Porter trop longtemps vos lentilles, ne pas suffisamment les renouveler ou utiliser la mauvaise solution peut avoir des répercussions terribles sur la santé de vos yeux.
- Enlevez vos lentilles avant d'aller vous coucher (sauf si votre ophtalmologue ou votre opticien vous a conseillé de les garder la nuit).
- Remplacez vos lentilles si elles commencent à se déchirer, s'endommager, se rayer ou si votre produit d'entretien n'agit plus sur les dépôts qui se forment à la surface des lentilles.

À ne pas faire

- Ne portez pas vos lentilles de contact si vous prenez en parallèle des médicaments pour vos yeux ou si vous utilisez des gouttes ophtalmiques (sauf si votre ophtalmologue ou opticien vous a conseillé de le faire).
- N'utilisez pas votre salive, qui regorge de bactéries, pour humidifier vos lentilles.

- Ne nettoyez pas ou ne rincez pas vos lentilles à l'eau du robinet qui contient des bactéries et qui risque de modifier la forme de vos lentilles.
- N'exposez pas vos lentilles à la saleté, aux produits cosmétiques ou à une chaleur excessive.
- N'oubliez pas de laver et rincer vos mains avant de manipuler vos lentilles.
- Ne prêtez pas ou n'utilisez pas les lentilles de quelqu'un d'autre.